

Melhoria da Qualidade de Alfaías Agrícolas - Reorganização de Estruturas de Produto e da Logística Interna

Luís Filipe Tavares Santos

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Jorge Freire de Sousa

Orientador na Herculano Alfaías Agrícolas, S.A.: Eng. Daniel Matias Fernandes



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2015-07-01

*Dedico esta dissertação
Aos meus pais: Joaquim e Albertina
Ao meu irmão Quinel*

Resumo

O dinamismo do ambiente competitivo, das exigências dos consumidores, e mesmo das normas e regulamentações, impõe às empresas uma pressão constante para a melhoria da qualidade dos produtos existentes. A capacidade para conseguir manter os produtos atualizados depende da competência das empresas para gerir o processo de desenvolvimento e de aperfeiçoamento dos produtos e da interação com o mercado.

A presente dissertação descreve todo um processo de melhoria do produto em termos de acabamento e pormenores que podem fazer a diferença na escolha do cliente. Estas mudanças alteram a logística interna da empresa, o *layout* e os processos de fabrico.

Durante a primeira fase do projeto, foi analisada a situação de todas as alfaias em parque. O principal objetivo foi observar as condições em que as alfaias se encontravam e o que podia ser feito para diminuir o retrabalho no momento da venda. Esta atividade é realizada por um setor crítico da empresa, o setor dos acabamentos.

A implementação da metodologia *lean* foi extremamente importante para a redução do tempo de entrega das alfaias e das deslocações realizadas pelos trabalhadores. O armazenamento de material, por vezes por longos períodos de tempo e em condições desfavoráveis, pode levar à sua deterioração; este facto obriga a que estes materiais regressem aos respetivos setores para serem trocados ou colocados novamente operacionais.

Com as alterações realizadas conseguiu-se a diminuição do retrabalho, devido à inexistência dos componentes deteriorados na fase dos acabamentos; a diminuição das deslocações por parte dos trabalhadores e do material devido à criação de estruturas de armazenamento nos respetivos setores de produção; a redução do tempo de montagem dos componentes elétricos devido à criação de *kits* de iluminação.

Quality Improvement in Agricultural Implements - Product Structures and Internal Logistics Reorganization

Abstract

The dynamism of the competitive environment, of consumer demands, and even of the rules and regulations, requires from companies a constant pressure to improve the quality of existing products. The ability to be able to keep updated products depends on the competence of enterprises to manage the process of development and improvement of products and the interaction with the market.

This thesis describes an entire product improvement process in terms of finishing and details that may make the difference in customers' choice. These changes alter the internal logistics of the company, the layout and the manufacturing processes.

During the first phase of the project, the situation of all the agricultural implements in the park was analyzed. The main objective was to observe the conditions under which the implements were and what could be done to reduce rework at the time of sale. This activity is performed by a critical sector of the company, the sector of finishes.

The implementation of lean methodology was extremely important to reduce the delivery time of the implements and the movement carried out by the workers. The storage material, sometimes for long periods of time and under unfavorable conditions, can lead to deterioration. This requires that these materials return to the respective sectors to be switched or placed operational again.

With these changes the reduction of rework was achieved, due to the absence of deteriorated components in the finishes phase; there was also a reduction of displacements of both workers and materials due to the creation of storage structures in the respective production sectors; reducing the assembly time of the electrical components by creating lighting kits.

Agradecimentos

Ao Prof. Jorge Freire de Sousa, orientador pela FEUP, pela excelente orientação, pelos inúmeros conhecimentos transmitidos e pela sua total disponibilidade para o esclarecimento de dúvidas.

À Herculano Alfaias Agrícolas, S.A. pela oportunidade concedida para realizar a dissertação em ambiente empresarial.

Ao Eng. Daniel Matias Fernandes, orientador pela Herculano, pela disponibilidade e apoio prestado, observações, conselhos e conhecimento transmitido no decorrer da dissertação.

Ao Eng. Hélder Ferreira dos Santos pela partilha dos seus conhecimentos, observações e conselhos ao longo do projeto.

Aos meus pais, irmão e Daniela Silva por todo o apoio prestado ao longo deste período.

A todos os colaboradores da empresa Herculano Alfaias Agrícolas, S.A., e em particular ao Américo Assunção, Nuno Soares, Fernando Grave, Vítor Godinho, Bruno Oliveira, Ricardo Ferreira e Paulo Paço um especial agradecimento.

Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Âmbito do projeto.....	1
1.2	Apresentação da Herculano Alfaia Agrícolas, S.A.....	1
1.3	Objetivos do projeto	2
1.4	Contexto do projeto.....	2
1.5	Método seguido no projeto	2
1.6	Estrutura da dissertação.....	3
2	Enquadramento teórico	4
2.1	Qualidade.....	4
2.2	Metodologia <i>lean</i>	5
2.3	Seis Sigma	7
2.4	Trabalho Normalizado.....	8
2.5	Resistência às mudanças.....	8
2.6	Logística Interna	9
2.7	<i>Stocks</i>	11
2.8	Estrutura de produto	11
2.9	Sistema de organização e planeamento da produção.....	12
3	Análise dos processos existentes.....	14
3.1	Estrutura organizacional da fábrica (<i>layout</i>).....	14
3.2	Processo produtivo	15
3.3	Alfaia para estudo	16
3.4	Pás niveladoras	17
3.5	Charruas hidráulicas	18
3.6	Carregadores frontais.....	19
3.7	Reboques Monocoque	20
3.8	Reboques de taipais	22
3.9	Instalação elétrica	23
3.10	Normalização dos tubos de longarina	24
4	Soluções propostas.....	25
4.1	Pás niveladoras	25
4.2	Charruas hidráulicas	29
4.3	Carregadores frontais.....	30
4.4	Reboques Monocoque	34
4.5	Reboques de taipais	41
4.6	Instalação elétrica	46
4.7	Normalização dos tubos de longarina	46
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro	47
5.1	Conclusões.....	47
5.2	Perspetivas de trabalho futuro	49
	Referências.....	50
	ANEXO A: Desenho do cilindro das pás niveladoras hidráulicas.....	52
	ANEXO B: Barra de substituição dos cilindros das pás niveladoras hidráulicas	53
	ANEXO C: Desenho do descanso das pás niveladoras	54
	ANEXO D: Caixa para colocar as barras e cavilhas das pás niveladoras	55
	ANEXO E: Instruções de montagem do conjunto das barras e cavilhas.....	57
	ANEXO F: Barra de substituição cilindros das charruas de 1 e 2 ferros 180°	58
	ANEXO G: Barra de substituição do cilindro da charrua de 1 ferro 90°	59
	ANEXO H: Instruções de montagem das barras e cavilhas de substituição das charruas	60
	ANEXO I: Caixa para colocar as barras e cavilhas das charruas	62
	ANEXO J: Barra de substituição dos cilindros do carregador frontal	64

ANEXO K: Varão de fixação cabos elétricos do reboque monocoque	65
ANEXO L: Ferramenta para posicionar o varão	66
ANEXO M: Conjuntos e componentes da estante.....	67
ANEXO N: Dimensionamento dos parafusos para a estante.....	72
ANEXO O: Orçamento para construir a estante.....	74
ANEXO P: Cálculos dos centros de gravidade dos perfis	75
ANEXO Q: Reforço para combater empeno do chassi.....	78
ANEXO R: Esquema dos <i>kits</i> de iluminação das cisternas e espalhadores de estrume	79

Siglas

5S – *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*

CNC – *Controlo Numérico Computorizado*

DMADV – *Define, Measure, Analyze, Draw, Check*

DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*

ERP – *Enterprise Resources Planning*

FIFO – *First In First Out*

FILO – *First In Last Out*

ISO – *International Organization for Standardization*

JIT – *Just-in-time*

MPS – *Master Production Scheduling*

MRP – *Material Requirement Planning*

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

SS – *Seis Sigma*

Índice de Figuras

Figura 1 – Modelo do processo de Mudança da Qualidade Total (Toledo, 1994).....	4
Figura 2 – Ciclo de melhoria contínua.....	8
Figura 3 – Missão da Logística.....	10
Figura 4 – Diagrama da estrutura de produto	12
Figura 5 – Esquema do <i>layout</i> da fábrica.....	14
Figura 6 – Fluxograma do processo produtivo	16
Figura 7 – Armazenamento das pás niveladoras hidráulicas	17
Figura 8 – Interior de um cilindro danificado pela corrosão.....	17
Figura 9 – Armazenamento das pás niveladoras mecânicas	18
Figura 10 – Armazenamento das charruas hidráulicas	18
Figura 11 – Armazenamento dos carregadores frontais.....	19
Figura 12 – Falhas de pintura nos carregadores frontais.....	19
Figura 13 – Aspetto final do carregador frontal	20
Figura 14 – Reboque monocoque	20
Figura 15 – Ligação elétrica do kit de iluminação	21
Figura 16 – Ligação defeituosa do farol	21
Figura 17 – Furos para passagem dos cabos elétricos	21
Figura 18 – Alocação das chapas laterais dos reboques monocoques.....	22
Figura 19 – Reboque de taipais	22
Figura 20 – Empeno do chassi dos reboques de taipais	23
Figura 21 – Espalhador de estrume e cisterna	23
Figura 22 – Ligações elétricas das cisternas	24
Figura 23 – Esquema das estruturas de produto.....	25
Figura 24 – Barra de substituição do cilindro hidráulico da pá niveladora	26
Figura 25 – Marca do cilindro por ser pintado junto com a pá	26
Figura 26 – Pá niveladora hidráulica na pintura automática	26
Figura 27 – Componentes pá niveladora que seguem para parque	27
Figura 28 – Caixote para armazenamento dos conjuntos de substituição dos cilindros	27
Figura 29 – Estado final da pá niveladora hidráulica	28
Figura 30 – Estado final da pá niveladora mecânica	28
Figura 31 – Componentes da charrua que seguem para parque	29
Figura 32 – Colocar imagem da charrua com a barra.....	30
Figura 33 – <i>Kit</i> hidráulico do carregador frontal.....	31
Figura 34 – Armazém do setor de montagem dos carregadores frontais	32

Figura 35 – Barra de substituição dos cilindros dos carregadores frontais	32
Figura 36 – Componentes necessários para realizar a amarração	33
Figura 37 – Teste hidráulico ao carregador frontal.....	33
Figura 38 – Carregador no final da implementação do projeto	34
Figura 39 – Alicate de aplicação de abraçadeiras.....	35
Figura 40 – Chassi do reboque monocoque com varão	35
Figura 41 – Instalação elétrica após a alteração	35
Figura 42 – Instalação elétrica após a alteração	36
Figura 43 – Tubos para passar cabo elétrico	36
Figura 44 – Estrutura principal da estante.....	37
Figura 45 – Diagrama de esforços da estrutura principal	38
Figura 46 – Diagrama de esforços do tubo de sustentação das prateleiras	38
Figura 47 – Estrutura da prateleira	39
Figura 48 – Diagrama de esforços do tubo principal da prateleira.....	39
Figura 49 – Diagrama de esforços do tubo de apoio das chapas	40
Figura 50 – Localização da estante no setor dos reboques monocoques	41
Figura 51 – Parte atual inferior do chassi do reboque de taipais	42
Figura 52 – Carga aplicada na secção em estudo	42
Figura 53 – Cálculo do centro de gravidade do tubo	43
Figura 54 – Perfil para combater empeno do chassi.....	43
Figura 55 – Cálculo do centro de gravidade do perfil	44
Figura 56 – Parte inferior do chassi com os perfis	45
Figura 57 – Empeno do chassi dos reboques de taipais depois da aplicação das calhas	45

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Cronograma das etapas do projeto.....	3
Tabela 2 – Características da SS e a metodologia lean (Barboza, 2005).....	7
Tabela 3 – Força exercida em cada andar da estante	37

1 Introdução

1.1 Âmbito do projeto

Cada vez mais a agricultura necessita de tecnologia avançada e os clientes são muito exigentes na qualidade do produto. Por este motivo o Departamento de Produção da empresa Herculano Alfaias Agrícolas, S.A. propôs o projeto de Análise e Reorganização de Estruturas de Produto em equipamentos/máquinas agrícolas com vista a melhorar a qualidade dos seus produtos, diminuindo os prejuízos por componentes danificados, mantendo assim os preços competitivos e de forma a conseguir responder em tempo útil às necessidades dos clientes, diminuindo o retrabalho na hora da encomenda.

1.2 Apresentação da Herculano Alfaias Agrícolas, S.A.

A Herculano é uma empresa do Grupo Ferpinta S.G.P.S., S.A. e está sediada na zona industrial de Loureiro, Oliveira de Azeméis, a 40 km do Porto e a 30 km de Aveiro.

A empresa surgiu no início do século XX. Começou por produzir pequenos utensílios agrícolas e foi desenvolvendo em paralelo com o mercado até que no ano de 1969 foi produzido o primeiro reboque agrícola, que ainda hoje é uma das suas principais alfaias. Em consequência deste desenvolvimento, em 1982 foi efetuada a primeira exportação e em 1986 a Empresa foi reconhecida como sendo líder na fabricação e comercialização de semirreboques agrícolas, mantendo essa liderança até hoje.

Em 1992, a Herculano passou de Sociedade Limitada para Sociedade Anónima. Em Maio de 1997, a Holding do Grupo Ferpinta passou a deter 80% do capital da Herculano. Aquando da aquisição a Herculano passou a deter uma nova dinâmica, não só a nível financeiro mas também do ponto de vista estratégico. A experiência do Grupo trouxe profissionalismo, qualidade de produto, serviço e inovação constante.

Em Dezembro de 2005, dando continuidade à consolidação da empresa e ao projeto de expansão, o Grupo Ferpinta adquiriu os restantes 20% do capital, passando assim a deter o controlo total da empresa aumentando simultaneamente o capital em 2,5 milhões de euros, passando o Capital Social para 3,1 milhões de euros.

Apoiada nas sinergias com as restantes empresas do Grupo Ferpinta, a Herculano tem vindo a aumentar a sua atividade em vários países como na França, Espanha, Bélgica, Nova Zelândia, Áustria, Roménia, Argélia, Angola, Moçambique.

Em 2006, a Herculano iniciou um investimento de mais de 8 milhões de euros na ampliação e reestruturação das instalações fabris que datavam das décadas de 70/80 e provocavam constrangimentos ao processo produtivo, não sendo compatíveis com a nova dinâmica da empresa. Como consequência desta modernização os *layouts* fabris foram alterados de forma a permitirem maior flexibilidade e fabricação de novas alfaias.

O *know-how* reconhecido desta empresa na fabricação de alfaias agrícolas, aliado à constante procura por novas soluções tem possibilitado a melhoria da qualidade dos seus produtos. As parcerias que foram surgindo com fabricantes de grande peso mundial como é o caso da Pottinger que optou por utilizar a Herculano para o fabrico de ensiladoras e da John Deere, para quem a Herculano fabrica o balde dos carregadores frontais, têm trazido vantagens acrescidas a este *know-how*.

Graças ao investimento no desenvolvimento da Empresa, a Herculano é atualmente um dos maiores produtores de equipamentos agrícolas da Península Ibérica e tenciona ser líder neste mercado. A Herculano neste momento produz alfaias para vários setores primários, tais como, a agricultura, silvicultura, vinha e olival. As suas instalações têm uma área total de 48 000 m², dos quais 31 000 m² são área coberta. Empregam mais de 200 trabalhadores e tem uma faturação anual de cerca de 15 milhões de euros.

1.3 Objetivos do projeto

O projeto mencionado nesta dissertação tem como objetivo a resolução de problemas decorrentes do armazenamento dos produtos no exterior, onde a exposição ao tempo provoca efeitos de oxidação, corrosão e deterioração. Como consequência deste problema, na hora da venda, os produtos não se encontram em bom estado, tendo novamente que ser pintados e/ou substituídos componentes, o que traz custos adicionais significativos para a Empresa. Um dos objetivos complementares é o de enviar as alfaias para parque com o menor número possível de componentes, mas tendo o cuidado de não retirar componentes que a *posteriori* exijam muita mão-de-obra na recolocação.

Atendendo ao facto de os múltiplos aspetos relacionados com a qualidade do produto, terem uma importância crescente no mercado, outro objetivo deste projeto foi o de tornar as alfaias mais agradáveis em termos visuais.

Por último, a redução de desperdícios quer de tempo, quer de deslocações foi um objetivo claro desde o início na aplicação de todas as soluções que poderiam ser encontradas.

1.4 Contexto do projeto

As alfaias agrícolas são equipamentos de trabalho, o que implica que sejam de fácil utilização, duradouros e que cumpram todos os requisitos legais e normativos, de modo a garantir o seu bom funcionamento e a segurança dos seus utilizadores.

Uma empresa que ambiciona ser líder no mercado tem que ser capaz de produzir equipamentos com mais qualidade e a preços mais baixos em relação à concorrência. A redução de custos de produção, uma boa organização no planeamento da produção, redução de desperdícios e meios logísticos adaptados para o efeito são peças chave para o sucesso.

O setor em que este projeto está maioritariamente inserido designa-se de setor dos acabamentos. Todas as alfaias são concluídas nesse setor o que aumenta a importância do mesmo para a qualidade do produto. Este setor não é dos mais bem organizados: por vezes os acabamentos não são os melhores e os trabalhadores perdem bastante tempo à procura dos materiais. Este é um setor que trabalha sobre pressão, não havendo por vezes tempo para organizar o material porque há excesso de trabalho e prazos curtos a cumprir.

1.5 Método seguido no projeto

A realização desta dissertação consistiu na análise das alfaias em parque, identificação dos componentes que poderiam ser retirados e dos que estavam mais danificados.

A melhoria do produto final foi o principal objetivo. Desta melhoria fez parte a criação de componentes, *kits*, etc., de forma a facilitar o trabalho, evitando desperdício.

Todas estas alterações têm consequências nas estruturas de produto. Estas foram analisadas e alteradas de forma a simplificar o mais possível o processo e a separar a parte da produção dos acabamentos.

Ao retirar certos componentes do produto, houve a necessidade de colocar algo a substituí-los para que possam ser transportados de forma segura. Para a criação dos novos componentes os principais objetivos foram a utilização de sobras de matéria-prima (chapa) e a simplicidade de fabrico. Teve também que se alterar a logística interna e de criar instruções de montagem para estes componentes.

Ao longo desse período foram sempre debatidas com os trabalhadores todas as questões relevantes, ouvindo as mais variadas opiniões e procurando chegar a um consenso.

O cronograma da Tabela 1 mostra para cada alfaia em estudo as diferentes fases que foram necessárias para a implementação das alterações.

Tabela 1 – Cronograma das etapas do projeto

Fases do projeto	Fevereiro		Março					Abril				Maio				Junho			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	18	23	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	20	27	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26
Análise da situação atual																			
Análise dos produtos alvo e análise das árvores de produto																			
Identificar os elementos que devem ser incorporados no momento da venda																			
- Alterar árvores de produto																			
- Criação de códigos de produtos para melhorar a organização da produção																			
Estudo e desenho de componentes para o armazenamento no exterior																			
- Desenho dos elementos de substituição dos componentes retirados																			
Definir a logística necessária para a implementação das estruturas alteradas																			
- Como e onde armazenar os elementos de substituição																			
- Alteração dos locais de armazenamento de certos componentes																			
Análise do impacto das alterações no fluxo produtivo																			
- Criação de ordens de montagem para os elementos de substituição																			
Identificação dos produtos sujeitos a melhoria																			
Criação de componentes para melhorar o aspeto da alfaia																			
Dimensionamento de estruturas para armazenamento de material																			

1.6 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos. O primeiro capítulo faz uma breve apresentação da Herculano Alfaias Agrícolas, S.A., empresa na qual foi realizado este projeto. Refere os problemas e objetivos deste projeto bem como, a metodologia seguida para a realização do mesmo.

No segundo capítulo são apresentados os conceitos teóricos que sustentam a realização do projeto. A compreensão destes conceitos ajudou a entender de forma mais específica o âmbito do projeto e quais as ferramentas disponíveis para a sua implementação.

No terceiro capítulo é descrito o processo produtivo das alfaias, estrutura organizacional da fábrica e seu *layout*. A situação atual das alfaias é analisada, os problemas existentes nas alfaias escolhidas para estudo são reportados.

No quarto capítulo descrevem-se as soluções encontradas para os problemas descritos no capítulo anterior, os prós e contras da sua implementação e os resultados atingidos com as alterações.

No quinto capítulo expõem-se as conclusões retiradas da realização do projeto, trabalho futuro que pode ser realizado para melhorar ainda mais a produtividade e o produto final.

Nos anexos encontram-se todos os desenhos das peças criadas, *kits* de iluminação e alguns cálculos secundários. Por questões de formatação e de numeração, as figuras não estão à escala representada nos desenhos.

2 Enquadramento teórico

2.1 Qualidade

A qualidade dos produtos e serviços não pode continuar a ser considerada um diferencial entre as organizações. Ela é a condição básica para as empresas se manterem competitivas no mercado. Esta condição promove a busca das empresas para atingirem a qualidade que os clientes, cada vez mais exigentes, pretendem.

Nas organizações empresariais é comum encontrar diferentes entendimentos do que seja a qualidade. O que um profissional da área de *marketing* imagina ao empregar o termo, pode não coincidir com a visão do homem da produção, ou mesmo com o encarregado de compras.

Conforme Paladini (2011), nos dias de hoje já não se gasta tempo a discutir o porquê da qualidade, mas sim, como atingir e garantir. Desta forma, as empresas procuram estratégias, ferramentas, métodos e mecanismos para gerir a qualidade cada vez mais complexos e que possam atender à realidade atual do mercado competitivo e global.

Segundo Algarte e Quintanilha (2000), quem estabelece a qualidade de um produto é o cliente e não os engenheiros, os profissionais do *marketing* ou a alta administração. A qualidade pode ser definida como um conjunto de características de *marketing*, engenharia, fabricação e manutenção de forma a satisfazer as expectativas do cliente.

Com a globalização da economia, tornou-se necessária a padronização dos requisitos de Sistemas de Garantia de Qualidade. Uma das grandes contribuições para a qualidade mundial está relacionada com a criação de uma série de normas da *International Organization for Standardization* (ISO). A norma ISO9000 por estabelecer os requisitos mínimos que devem estar presentes nos sistemas de qualidade das empresas, pode desempenhar um papel estratégico importante para o aperfeiçoamento da gestão empresarial. Através destas normas, as empresas podem demonstrar que comercializam produtos com qualidade assegurada.

As mudanças nos produtos são desenvolvidas e introduzidas em função da sua capacidade potencial para aumentar - ou pelo menos manter - a participação no mercado, reduzir custos e atender às necessidades específicas da melhoria, quer seja, a partir de estratégia da empresa (interna) quer por imposição do mercado (externa).

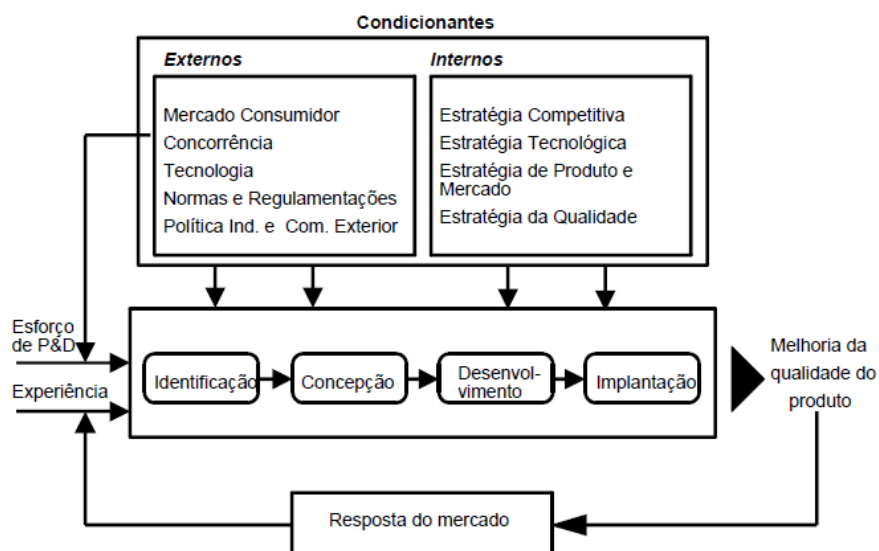


Figura 1 – Modelo do processo de Mudança da Qualidade Total (Toledo, 1994)

2.2 Metodologia *lean*

Segundo Barboza (2005), o *lean* é um sistema versátil e flexível que, por meio da aplicação de uma série de ferramentas, torna as empresas mais ágeis para fazer frente ao mercado, reduzindo as suas perdas, o inventário, os custos operacionais, atendendo às necessidades dos clientes e motivando os trabalhadores, resultando na criação de lucros. O principal foco desta metodologia é a redução de desperdícios. Esta metodologia teve início na década de 50 na empresa Toyota.

Conforme Womack, Jones e Roos (1992), a metodologia *lean* assenta em cinco princípios:

- **Especificação de valor** – O valor de um produto é estabelecido pelo cliente final;
- **Identificação da cadeia de valor** – Esta é constituída por todos os processos necessários para fazer chegar o produto ao cliente (processos que podem ou não acrescentar valor ao produto);
- **Otimização do fluxo** – O fluxo deve ser o mais fluido possível, de forma a eliminar tudo o que não acrescenta valor;
- **Sistema *Pull*** (puxar) – A produção deve ser realizada com base num sistema *pull*, ou seja, produzir para o pedido do cliente;
- **Procura da perfeição** – Este aspeto nunca se atinge, mas é sempre possível melhorar, desta forma, é necessário que toda a estrutura esteja envolvida na procura de novas formas de inovar e melhorar.

Algumas das ferramentas da metodologia *lean* que podem ser aplicadas a todo o tipo de indústria são: *Kaizen*, *5S*, *Pull/Push*, *Just-in-time*, *layout* e desperdício.

- ***Kaizen*** – Significa “mudança para melhor” e apresenta uma filosofia de melhoria contínua. Esta filosofia, quando aplicada, exige envolvimento de todas as pessoas da empresa, tanto diretores como trabalhadores. As principais melhorias a obter são: na área da qualidade, custo e planeamento. O *Kaizen* gerou uma forma de pensar orientada para o processo, gerou um sistema de gestão que suporta e reconhece o esforço das pessoas para a melhoria dos processos (Masaaki, 1986). Uma das vantagens da melhoria contínua é o facto de não implicar investimentos avultados por parte das empresas, uma vez que a base desta filosofia é a atitude e não a aquisição de equipamentos.
- ***5S*** – Esta filosofia apareceu no Japão, nas décadas de 50 e 60, após a segunda guerra mundial, devido ao país estar atravessar uma crise de competitividade. Como o nome indica, este método é constituído por cinco palavras em Japonês: *Seiri* (identificar), *Seiton* (arrumar), *Seiso* (limpar), *Seiketsu* (normalizar), *Shitsuke* (respeitar). Os *5S* foram uma forma de envolver as pessoas e contribuir para a mudança cultural. Este método está focalizado para a limpeza e organização do local de trabalho, provocando assim um aumento de produtividade, segurança e qualidade.
- ***Pull/Push*** – O sistema *pull* é uma forma de controlar o fluxo de produção, sendo o cliente (interno ou externo) que define a produção necessária. Este sistema tem a vantagem de não necessitar de previsões para a produção, visto que, a resposta é dada pelas variações da procura. Este sistema permite *lead times* mais reduzidos, níveis de inventário menores e maior capacidade de resposta ao mercado. Em relação ao sistema *push*, a principal preocupação é manter os recursos ocupados e trabalhar com o maior rendimento, independentemente de existirem ou não encomendas. Com este sistema o tempo de produção por peça é menor mas o tempo de resposta é maior. O custo de

produção é menor mas, em contra partida, os custos associados a *stocks*, ruturas, etc. são maiores (Pinto, 2009).

- **Just-in-time** – Segundo Jacobs (2011), o JIT consiste em fazer o que é necessário, quando é necessário e nada mais. Tudo o que é produzido além do mínimo necessário é considerado desperdício, tendo em conta o tempo e material gastos. Os três princípios que sustentam a produção JIT são: eliminação do desperdício em todos os estágios de um ciclo de produção; reforço dos fluxos de material; sincronização entre a procura e o fornecimento.

Este método deve ser visto como um fluxo de produção contínuo ao longo das linhas industriais de processos. Isto exige uma configuração do sistema de produção em que o tempo necessário para o fluxo de matérias não seja mais do que a soma das operações que acrescentam valor; logo, é necessário reduzir todas as tarefas que sejam vistas como um objetivo mas que na realidade não geram valor (Little e Yusuf, 1997).

- **Layout** – O *layout* define a ocupação de um determinado espaço. O *layout* tem como principal objetivo a redução ao máximo da quantidade de trabalho, de equipamentos e de espaço necessário para o tipo e quantidade a produzir. As atividades devem ser distribuídas sequencialmente e de forma a existir uma grande taxa de utilização do equipamento, evitando assim, tempos de paragem.

Com um bom *layout* consegue-se minimizar o custo de transporte de materiais, diminuir custos de operação e o tempo total de produção. Consegue-se ainda, usufruir ao máximo do espaço, obter conforto e segurança para os trabalhadores, e tornar mais fácil a receção de novos produtos (Jacobs, 2011).

- **Desperdícios** – Conforme Floyd (2010), a metodologia *lean* identifica oito tipos de desperdícios e que podem ser eliminadas com estas filosofias.
 - Sobreprodução: produção que não foi requerida pelo cliente ou pela operação seguinte; faz com que se perca capacidade produtiva, material e mão-de-obra que podia ser utilizada noutras operações;
 - Transporte: transporte de material, pessoas e informação tem que ser reduzido ao mínimo indispensável porque não traz valor acrescentado ao produto.
 - Processos: os processos devem ser visíveis, intuitivos e bem controlados para não se perder tempo em tarefas desnecessárias, sem valor e que possam causar erros;
 - Movimentações desnecessárias: deslocações na procura de ferramentas ou matéria-prima que estejam localizadas longe do setor de produção ou em locais de difícil acesso;
 - Produção defeituosa: custos adicionais da matéria-prima da peça e das operações a que está sujeita. Este custo pode ser ainda maior, caso a peça chegue ao cliente final;
 - Stock: *stock* proveniente de excesso de produção ou para combater falta de material devido a erros operacionais. O material em *stock* pode deteriorar-se, ocupação de espaço e capital investido que não corresponde a lucro;
 - Atraso: os processos não estando sincronizados, levam a tempos de espera, o que provoca diminuição de produtividade;
 - Capacidade humana: não envolvimento dos trabalhadores no projeto; provoca desleixo e perdas de oportunidade de melhoria do processo.

2.3 Seis Sigma

Segundo Pande, Neuman e Cavanagh (2001), a SS tem como objetivo a diminuição do número de defeitos de um determinado produto. É uma abordagem organizacional para a excelência de desempenho, ao encontro da perfeição, para atender às necessidades do cliente; a tomada de decisão, motivada por dados e factos, resulta na melhoria dos processos, no rigoroso alinhamento das ações com as estratégias e na medição de impacto final.

Esta metodologia é iniciada pela mais alta Direção da empresa, o que significa que a implementação é realizada desde esse escalão até ao nível de base. As mudanças propostas por esta metodologia são direcionadas a todos os setores da empresa, ou segmentos a que está a ser aplicada.

A SS utiliza três metodologias:

- PDCA – planear, executar, verificar e agir;
- DMAIC – definir, medir, analisar, melhorar e controlar;
- DMADV – definir, medir, analisar, desenhar e verificar.

Para a implementação da metodologia, todos os trabalhadores devem estar envolvidos no projeto, colaborando com novas ideias, ajudando nas mudanças comportamentais e organizacionais, transpondo assim, as barreiras necessárias para que a informação seja do conhecimento de todos.

“Ao se incorporar a capacitação/especialização das pessoas no modelo de referência, a retenção do conhecimento gerado pelo aprimoramento intelectual e técnico está sendo considerada como um dos fatores determinantes de sucesso do SS. Além disso, uma vez que a capacidade criativa e a motivação das pessoas são ativos valiosos para qualquer organização, podendo em alguns aspetos serem considerados parte integral da tecnologia da empresa, o investimento na formação e especialização das pessoas se reverte num incremento ao capital intelectual” (Coronado e Antony, 2002).

Tabela 2 – Características da SS e a metodologia lean (Barboza, 2005)

Seis Sigma	Metodologia <i>Lean</i>
Enfatiza a necessidade de eliminar os defeitos definidos pelos clientes	Enfatiza a maximização da velocidade dos processos
Procura eliminar a causa da variação	Procura eliminar as causas das atividades que não agregam valor
Emprega ferramentas analíticas e métodos estruturados para alcance das metas	Emprega ferramentas para análise do fluxo dos processos do tempo de ciclo
Útil para resolver problemas complexos, cuja solução não é conhecida. A decisão é baseada em dados e factos.	Útil quando o problema é reduzir desperdícios, tempo de ciclo, espaço utilizado, trabalho em curso ou inventário. Solução conhecida.

2.4 Trabalho Normalizado

O trabalho normalizado é um princípio fundamental na implementação da metodologia *lean*.

O trabalho *standard* é uma ferramenta que permite coordenar e padronizar os processos. Este trabalho deve ser documentado e ser o mais transparente possível para evitar interpretações erradas do processo ou atividade.

Devido à importância que a Qualidade, o Custo e a Entrega têm no mercado competitivo dos dias de hoje, as normas devem estar em constante desenvolvimento para estarem sempre na base de novas melhorias futuras.

A Figura 2 representa o ciclo de melhoria contínua de um produto segundo a forma de trabalho normalizado.

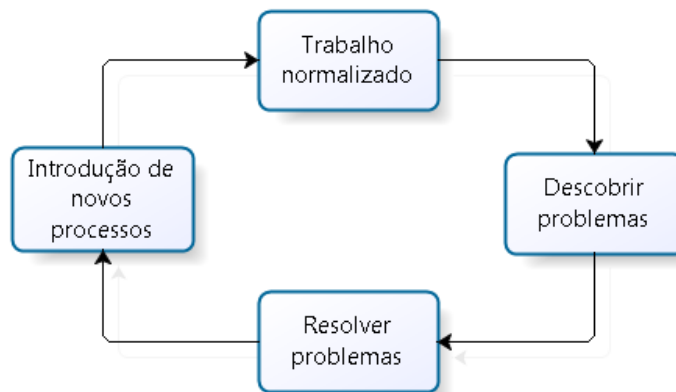


Figura 2 – Ciclo de melhoria contínua

2.5 Resistência às mudanças

Quando se fala em implementar novas metodologias, isso implica mudanças, e as pessoas que são a parte central/importante - é que fazem a diferença para o sucesso ou insucesso da mudança. Cada pessoa tem a sua maneira de pensar e entende de diferentes formas a questão na organização.

“Um padrão bastante comum entre as pessoas é que a maioria delas associa mudanças a perdas e, quando isto acontece, fica claro por que existe resistência às mudanças. Existe até um componente biológico na resistência. O que o corpo faz quando recebe um transplante de coração? Mesmo que este coração novo e saudável signifique a diferença entre a vida e a morte, o corpo tenta rejeitá-lo (ou seja, resistir a esta mudança), optando pela manutenção do coração velho e doente. Se a mudança está associada à perda, as pessoas só a aceitarão se duas coisas forem evidenciadas: primeiro, tem que haver uma necessidade de mudança (senão a organização poderá morrer); segundo, é preciso que haja um ganho para o indivíduo afetado pela mudança. Por outras palavras, deve haver um OQEGCI (o que eu ganho com isso), para que o indivíduo resolva ser apoiante da mudança” (Eckes, 2001).

Segundo Garcia (2004), existem vários fatores/fontes de resistência às mudanças, que podem ser sintetizados em dois níveis: fontes individuais e fontes organizacionais.

- **Fontes individuais**

- Medo da incompetência: o trabalhador sente-se receoso porque ainda não aprendeu o “novo”;
- Medo de punição por incompetência: aprender a nova forma de pensar e fazer leva o seu tempo;
- Medo de perda da própria identidade: alterar a sua forma de trabalhar devido ao processo de mudança;
- Medo de perda do sentimento de grupo: quando alguém desenvolve uma nova forma de pensar ou agir, pode ser visto com “maus olhos” pelos outros trabalhadores e ser rejeitado.

- **Fontes organizacionais**

- Deficiência de identidade e de visão claras: falta de informação do que a empresa pretende e onde quer chegar;
- Envolvimento emocional com o sucesso passado: os trabalhadores com sucesso no passado têm medo de evoluir porque não querem errar;
- Arrogância e complacência: os trabalhadores criam uma zona de conforto causando a estagnação organizacional;
- Inércia grupal: receio de aderir aos novos valores e comportamentos, para não serem rejeitados;
- Ameaça às relações de poder estabelecidas: alteração da autoridade para tomada de decisões na empresa.

Tudo o que foi descrito anteriormente leva-nos a pensar que a administração eficaz de qualquer processo de mudança envolve convencer as pessoas de que os ganhos provavelmente superarão as perdas (Garcia, 2004).

2.6 Logística Interna

Hoje em dia as empresas são obrigadas a trabalhar de uma forma eficiente e eficaz para garantir a sobrevivência no mercado, cada vez mais competitivo. A competitividade obrigou as empresas a uma reestruturação para garantir a redução de custos e a otimização de processos internos (transporte, movimentações e armazenagem).

A missão da logística é colocar a mercadoria no local certo, no momento pretendido, nas quantidades estipuladas e nas condições desejadas ao menor custo possível.

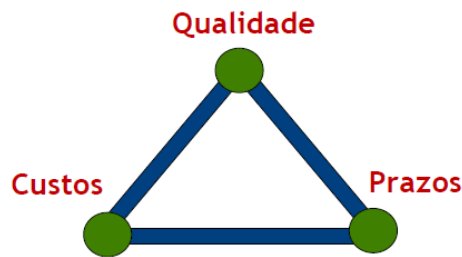


Figura 3 – Missão da Logística

“A Logística é o processo de gerir estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenamento de matérias, peças, produtos acabados e informação através da organização e seus canais de *marketing* de modo a poder maximizar os lucros” (Christopher, 2007).

Segundo Porter (1989), a logística interna é definida como um conjunto de atividades associadas à receção, armazenamento e distribuição de materiais para os produtos, tais como, movimentações internas de materiais, controlo de *stocks*, transporte e devoluções para fornecedores.

Segundo Moura (2006), a logística é definida como uma parte do processo de abastecimento que planeia, implementa e controla o fluxo direto e inverso, o armazenamento de produtos, serviços e informação desde o ponto de origem até ao ponto de consumo.

Segundo o mesmo autor, a logística interna é muito importante para as produções modernas, porque estas requerem ciclos de produção curtos, o que implica uma grande sensibilidade nas mudanças de produção. As estratégias de produção utilizadas são cada vez mais exigentes, pois trabalham com componentes vindos de diferentes pontos, implicando movimentações rápidas e muito variadas.

Para o estudo da logística é necessário observar, pesquisa de campo (de forma a melhorar os processos), mudança de *layout* no armazenamento, identificação das operações realizadas nos processos.

Com um bom fluxo de materiais, a empresa consegue garantir um bom funcionamento das linhas, na dependência da chegada de material. Com isto, a constante preocupação na obtenção de fluxo de materiais eficazes, na redução dos níveis de *stock* e na redução nos custos de armazenagem, a filosofia JIT tem relevado ser extremamente importante para o bom funcionamento da Logística Interna.

À Logística compete gerir um variado leque de setores, tais como:

- Gestão de todo o tipo de *stocks* na empresa;
- Gestão da componente logística de atendimento a clientes;
- Gestão de transportes;
- Gestão física dos armazéns;
- Receção e acompanhamento de encomendas;
- Encomendas a fornecedores;
- Planeamento agregado da produção juntamente com a Gestão da Produção;
- Gestão de aprovisionamentos de matérias-primas e diferentes componentes;
- Manutenção do sistema de informação de logística de suporte;
- Gestão de inventários;
- Embalamento.

2.7 Stocks

Stock é o termo utilizado para descrever as existências de matéria-prima, peças, componentes, produtos intermédios e acabados.

A existência de *stock* permite dessincronizar a procura de um produto da produção do mesmo.

Vantagens de ter *stock*:

- Reduzir custos de transporte;
- Reduzir custos de produção;
- Obtenção de descontos por quantidade encomendada;
- Responder a mudanças de mercado (sazonalidade da procura);
- Reserva estratégica;
- Servir de amortecimento entre a procura e o fornecimento.

Desvantagens de ter *stock*:

- Armazenamento de artigos e respetivas deslocações;
- Realização de inventário;
- Existência de um sistema de gestão de *stocks*;
- Imputação contabilística de entradas/saídas.

2.8 Estrutura de produto

Todas as soluções propostas vão ter consequências nas estruturas de produto. Quando se pretende fazer alguma alteração ao produto é necessário retificar as estruturas de produto. A correta estrutura de produto proporciona uma boa gestão de necessidades (o material é sempre comprado nas quantidades corretas, eliminando o excesso ou a falta do mesmo), um grande controlo do *stock* reservado e o disponível através do sistema ERP Baan. Permite também a não existência de material em excesso no setor de produção, ficando o setor obrigatoriamente mais organizado e evitando a colocação de componentes que não correspondem ao produto em fabrico devido a esse excesso.

Quando se analisa o fluxo produtivo através de uma estrutura de produto, esta tem ordens de produção associadas. As ordens têm especificado os materiais, componentes ou produtos intermédios para a execução das operações, podendo ser de conformação e/ou montagem.

Estes materiais podem ser obtidos por fornecedores externos ou por operações realizadas dentro da fábrica e na estrutura de produto designam-se como Lista de Materiais.

A estrutura de produto é composta pela lista de materiais e para cada material define-se a quantidade necessária, o local de fabrico, a operação correspondente e o local de armazenamento. Existe uma relação “pai – filho” entre o produto final e o que compõe a sua estrutura.

Como a estrutura de produto pode ser constituída por matéria-prima, componentes e produtos intermédios terá necessariamente vários níveis, como podemos constatar na Figura 4.

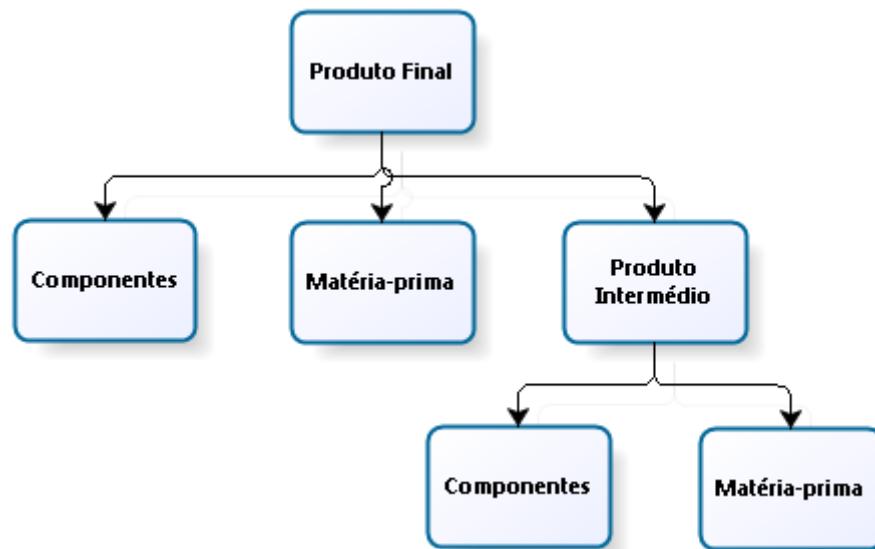


Figura 4 – Diagrama da estrutura de produto

À medida que a complexidade e a diversidade dos produtos aumenta, torna-se mais difícil a coordenação do fluxo produtivo. Na década de 60 esta coordenação era gerida conforme as necessidades através de uma política tradicional de reposição de *stock* para matéria-prima, peças e componentes mais específicos que eram encomendados a fornecedores.

2.9 Sistema de organização e planeamento da produção

O sistema ERP surgiu em 1992 pelo Gartner Group. As empresas tinham a necessidade de uma gestão com visão global e não departamental, visto que uma empresa é um conjunto de processos e não departamentos isolados. Este modelo é descendente do modelo MRP que atendia às necessidades do departamento de material. Com a evolução das empresas houve a necessidade criar novos *softwares* que respondessem aos problemas da gestão de produtos e materiais, gestão de projetos, contabilidade e controlo de custos, gestão da qualidade e manutenção, gestão de recursos humanos e a gestão das vendas e distribuição.

No início este sistema era bastante caro; logo, só as empresas com poder económico é que lhe tinham acesso. Quando o mercado destas empresas começou a ficar saturado, os fornecedores dos ERP tiveram de fazer um ajuste e reduzir preços para assim conseguirem chegar ao mercado das pequenas e médias empresas.

Um dos principais fornecedores deste tipo de sistemas é a Baan. Esta nasceu na Holanda e neste momento pertence à empresa SSA Global que foi incorporada na INFOR. A Baan tem apostado no mercado das pequenas e médias empresas o que tem permitido uma crescente variedade de produtos com garantia de rápido retorno financeiro.

Este sistema permite às empresas terem uma maior sinergia entre os processos de negócio, devido ao facto do fluxo de informação ser mais preciso e ágil, o que faz com que a informação seja mais rapidamente processada.

Segundo Davenport (1998) existem entraves neste sistema. O primeiro aspeto relevante é o facto de, ao contrário da fórmula tradicional de desenvolvimento de um sistema que se adaptasse às características da empresa, neste caso é a empresa a adaptar-se às características do sistema. Este aspeto pode trazer impactos distintos para cada tipo de negócio e da estrutura da empresa.

Benefícios do sistema ERP:

- Disponibilidade de informação credível de forma rápida;
- Facilidade de partilha de informação entre os diferentes departamentos da organização;
- Planeamento operacional mais claro, estruturado e com responsabilidades bem definidas;
- Aumentos de eficiência devido a ganhos operacionais;
- Padronização de processos, procedimentos e informações;
- Interface de acesso único.

Inconvenientes do sistema ERP:

- Perda de diferenciação do produto;
- Perda de características do negócio ou cultura de cada empresa;
- Propagação imediata de dados digitados incorretamente;
- Resistência às mudanças;
- Dependência de um único sistema;
- Dificuldades da adequação do pacote aos processos da empresa.

3 Análise dos processos existentes

3.1 Estrutura organizacional da fábrica (*layout*)

Como já foi dito anteriormente, a Herculano produz uma ampla gama de alfaia agrícola. É fundamental ter uma fábrica com as condições necessárias para produzir este tipo de equipamentos. A fábrica tem cerca de 30000 m² e está dividida em três grandes setores, setor do corte e conformação, setor de construção e setor dos acabamentos.

A fábrica dispõe de várias pontes rolantes que apoiam o trabalho dos colaboradores tanto no transporte das alfaia como na sua montagem. O setor do corte e conformação dispõe de vários tipos de máquinas para transformar a matéria-prima em peças para as alfaia. Em termos de corte existe tecnologia de corte a laser, plasma, oxicorte, guilhotina, balancé e serrote. Para a conformação de peças dispõe de tecnologia de quinagem, estampagem e calandragem e para maquinagem existem tornos CNC e convencionais, furadoras CNC e convencionais e fresas CNC e convencionais.

A empresa, ao dispor de uma grande variedade de tecnologia, tem vantagens, tanto em tempo de produção, qualidade e precisão das operações, como a nível da dependência de terceiros, que é bastante reduzida.

O setor de construção está dividido em vários subsectores. Cada subsector é responsável pela construção de um tipo de alfaia, o que explica o facto de se conseguirem produzir muitas alfaia diferentes e reduzir a movimentação de material.

Por fim, o setor dos acabamentos divide-se em duas áreas: área da pintura (estufa automática, estufa manual e armazém de alfaia para pintar) e área da montagem dos *kits* e acessórios.

A Figura 5 representa o *layout* da fábrica.

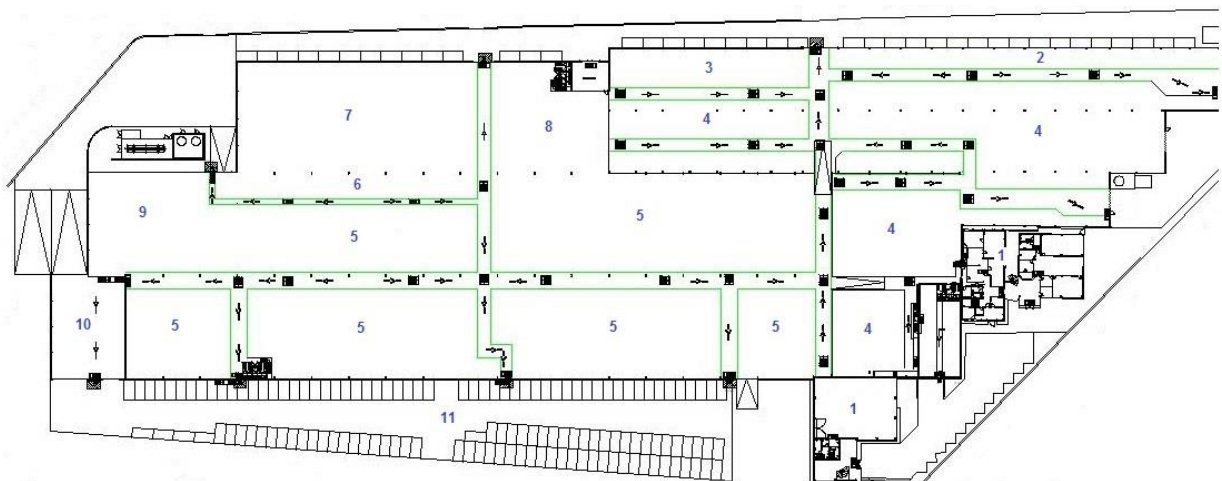


Figura 5 – Esquema do *layout* da fábrica

1. Escritórios
2. Armazém de matéria-prima
3. Armazém de produtos intermédio
4. Setor de corte, conformação e maquinagem
5. Setor de construção soldada e aparafusada
6. Estufa de pintura manual
7. Estufa de pintura automática
8. Armazém de alfaia para pintar
9. Setor de acabamentos
10. Cais de expedição
11. Armazém de produtos semiacabados

3.2 Processo produtivo

Tendo em conta a dimensão das instalações fabris e a grande variedade de alfaia produzidas na Herculano, torna-se complexo referir um fluxo único na fábrica, no entanto, é possível descrever um processo geral do fabrico das alfaia.

De uma forma resumida, o processo começa com a receção da matéria-prima (chapa e perfis de aço), esta passa por um controlo de qualidade por amostragem e é armazenada no armazém da matéria-prima. Depois da ordem de fabrico ser aberta, a matéria-prima é encaminhada para as operações de corte, conformação e/ou maquinagem. Após estes processos, o material segue para o armazém de produtos intermédios (*buffer*), garantindo assim que os processos seguintes não param por falta de material. Deste armazém o material segue para o respetivo setor de produção onde é montado, soldado e/ou aparafusado.

Após a montagem das alfaia, estas são limpas por fosfatação e desengordurante, e de seguida são pintadas de primário. As alfaia para serem pintadas podem adotar um de dois caminhos. Se for um produto de pequena/média dimensão, é pintado com tinta aquosa no sistema de pintura automática; se for um produto de grandes dimensões, este é pintado em cabine com tinta de base solvente (prejudicial ao meio ambiente).

Depois desta fase, a alfaia pode seguir por dois percursos dependendo da existência ou não de uma encomenda na hora da produção. A alfaia pode seguir para o armazém de produtos semiacabados (parque) e perante esta situação no setor dos acabamentos é colocado óleo e massa lubrificante nos componentes críticos. No outro percurso, a alfaia segue imediatamente para a respetiva estufa para receber a pintura final.

Em ambas as situações, após a pintura, a alfaia segue para o setor dos acabamentos onde são colocadas as rodas, chapas de identificação, suportes, óleo, massa lubrificante, *kits* de iluminação, mangueiras hidráulicas, matrícula, autocolantes, etc.. A alfaia é submetida a um controlo visual da qualidade para garantir que esta segue com as condições pretendidas para o cliente.

Seguidamente, a alfaia permanece no armazém de produtos acabados e por último é expedida em transporte adequado para o cliente.

Na Figura 6 está representado o fluxograma do processo produtivo.

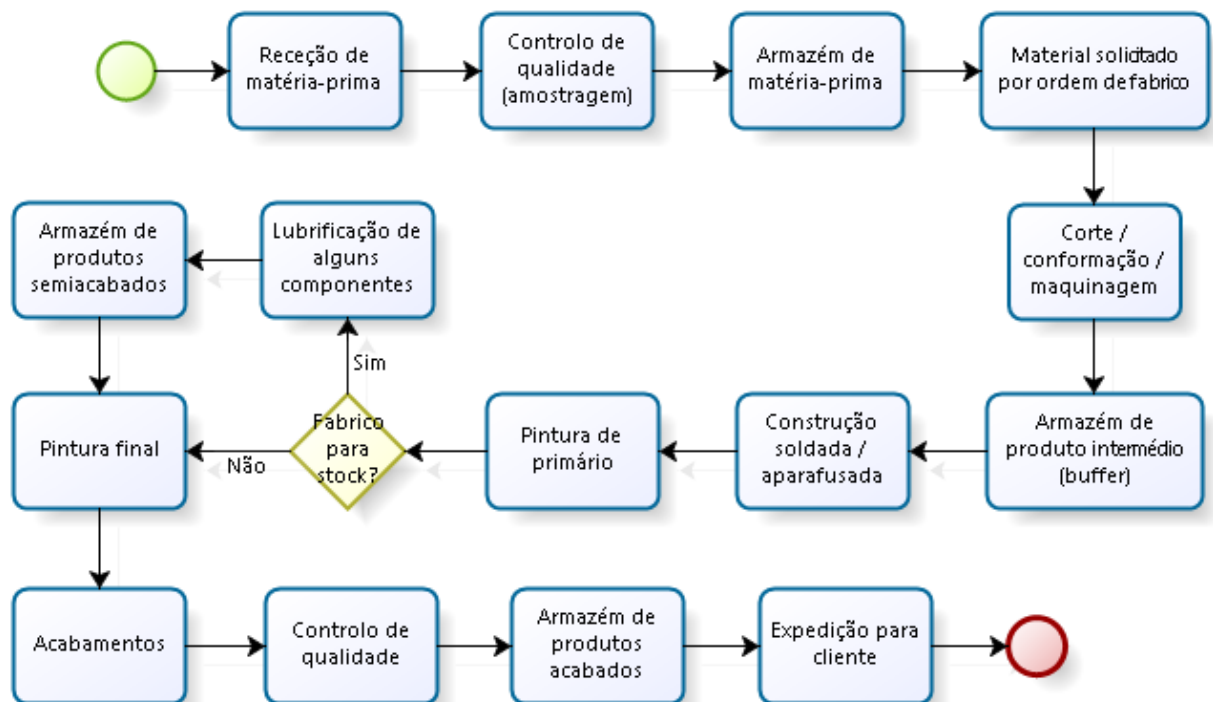


Figura 6 – Fluxograma do processo produtivo

3.3 Alfaias para estudo

No início deste projeto foi adotada a filosofia de começar por analisar alfaias mais simples, para que, desta forma a adaptação ao projeto acontecesse gradualmente.

A primeira alfaia a ser analisada foi a pá niveladora tanto a hidráulica como a mecânica; a seguir foram os três tipos de charruas hidráulicas, 1 ferro 180°, 2 ferros 180° e 1 ferro 90°. Outra alfaia em estudo foi o carregador frontal, que tem uma complexidade e uma abordagem muito distinta das anteriores.

Depois da abordagem a alfaias mais pequenas, passamos para alfaias maiores; reboques monocoques, reboques de taipais, cisternas e espalhadores de estrume.

A pá niveladora hidráulica tem três tamanhos: 2, 2,5 e 3 metros.

A pá niveladora mecânica tem dois tamanhos: 2 e 2,5 metros.

A charrua 1 ferro 180° hidráulica tem três tamanhos: 12, 14 e 16 polegadas, e existem com e sem raspadeiras.

A charrua 2 ferro 180° hidráulica tem quatro tamanhos: 12, 13, 14 e 16 polegadas, e existem com e sem raspadeiras.

A charrua 1 ferro 90° hidráulica tem três tamanhos: 12, 14 e 16 polegadas, e existem com e sem raspadeiras.

Os reboques de taipais em estudado foram: 14000, 16000 e 18000 toneladas.

A abordagem aos carregadores, reboques monocoques, cisternas e espalhadores de estrume foi realizada para todos os modelos.

3.4 Pás niveladoras

Pá niveladora hidráulica

O principal problema encontrado foi a corrosão dos cilindros. Estes, estando expostos às condições atmosféricas, apesar de terem tampões roscados, criavam condensados no seu interior e ficavam em estado de inutilização. No exterior do cilindro, o veio leva um produto para evitar a corrosão, mas este produto traz problemas no interior do cilindro caso entre antes de secar. Outro dos problemas encontrados foi o armazenamento no parque (armazém dos produtos semiacabados), que nem sempre era feito com o devido cuidado e, por vezes, os cilindros danificavam-se e depois tinham de ser retificados. Tudo isto traz custos adicionais.



Figura 7 – Armazenamento das pás niveladoras hidráulicas

Quando é feita uma encomenda a pá niveladora é trazida do parque para o setor da produção das mesmas; aí são retirados os cilindros para serem verificados e ver se estão aptos para o funcionamento. Para este processo são necessárias duas pessoas que demoram cerca de 7 minutos. A verificação dos cilindros é feita no setor da hidráulica. O tempo necessário para montar e desmontar os cilindros é cerca de 20 minutos e, caso seja necessário reparar, pode demorar 1 hora; por vezes, no final, conclui-se que o cilindro não tem as condições necessárias para utilização, sendo perdido todo o tempo e recursos despendidos neste processo.

A Figura 8 mostra um cilindro completamente danificado pela corrosão.



Figura 8 – Interior de um cilindro danificado pela corrosão

Quando a verificação dos cilindros está concluída, estes voltam para o setor da produção onde são novamente colocados. A pá niveladora segue para o setor dos acabamentos onde é lixada por dois trabalhadores durante 1 hora. De seguida é levada para a estufa para retocar primário e ser pintada na estufa manual, com tinta solvente.

No fim deste processo, as cavilhas que impedem a rotação da pá niveladora, mangueiras hidráulicas e *kits* hidráulicos são colocados. Esta segue para o cais e fica à espera de ser carregada para seguir para o cliente.

Pá niveladora mecânica

Quanto à pá niveladora mecânica havia poucas alterações a realizar no produto final e na estrutura de produto. Como esta alfaia é bem mais simples do que a hidráulica, não provoca muitos problemas.



Figura 9 – Armazenamento das pás niveladoras mecânicas

3.5 Charruas hidráulicas

Charrua 1 e 2 ferros 180° e 1 ferro 90°

Nas charruas o problema identificado foi idêntico ao das pás niveladoras. Os cilindros sofrem problemas de corrosão e geralmente são substituídos por novos no momento da venda. Este produto já vai pintado e com todos os componentes para o parque. Como é um produto com baixa rotatividade, os componentes ficam danificados por completo.



Figura 10 – Armazenamento das charruas hidráulicas

3.6 Carregadores frontais

A análise dos carregadores é mais complexa sendo necessária uma análise mais cuidada e minuciosa, porque todas as alterações implementadas podem trazer atrasos à produção apesar de trazerem benefícios à qualidade.

Atualmente os carregadores são montados por completo no setor de montagem dos carregadores. Isto implica que todos os pequenos componentes sejam pintados inicialmente de primário e posteriormente de cinza.

Depois de receber o primário, os carregadores seguem para o armazém para permanecer em *stock*.



Figura 11 – Armazenamento dos carregadores frontais

Quando uma encomenda é feita há duas hipóteses: ou vai diretamente para o setor dos acabamentos para pintar de cinza ou vai para o setor de amarração dos carregadores para ser acoplado ao trator do cliente e, depois da amarração feita, vai para a pintura.

Como o carregador vai para pintar completamente montado há vários locais onde fica por pintar devido ao cruzamento entre peças; por isso, quando saem da estufa, os carregadores têm que ser retocados e a pintura nunca fica com a qualidade pretendida.



Figura 12 – Falhas de pintura nos carregadores frontais



Figura 13 – Aspeto final do carregador frontal

Sem dúvida que é necessário implementar medidas de melhoramento para esta alfaia, tanto mais que a concorrência é elevada devido à existência de empresas que só se dedicam à construção de carregadores, o que leva à obtenção de produtos de excelência e com melhores acabamentos.

3.7 Reboques Monocoque



Figura 14 – Reboque monocoque

Devido à conquista de novos mercados, estes são mais exigentes com os pormenores, a mentalidade dos clientes é diferente e querem produtos não só funcionais e resistentes mas também com um bom aspeto visual. Foram reportados vários aspetos que se podiam melhorar, principalmente nos acabamentos.

Para esta alfaia o problema não estava nos componentes que seguiam para parque, mas sim na forma como certos componentes eram colocados. O principal problema era na instalação elétrica: esta é mal guiada, os fios não estão fixos, passam simplesmente por umas argolas, o que implica um desgaste adicional devido ao movimento do reboque e ao facto de estarem expostos a todo o tipo de ação de agentes e fatores externos.



Figura 15 – Ligação elétrica do kit de iluminação

Os faróis do *kit* de iluminação não eram à prova de água, pois a ligação cabo/farol não era bem vedada.



Figura 16 – Ligação defeituosa do farol

Outro pormenor muito importante são os furos nas longarinas para passar os cabos elétricos; estes eram feitos manualmente com o maçarico, depois do reboque estar montado, o que leva a um furo não uniforme e com mau aspeto.



Figura 17 – Furos para passagem dos cabos elétricos

Outro problema, não relacionado com os acabamentos, mas sim com o armazenamento de material com grandes dimensões, era o das chapas laterais dos monocoques. As chapas eram colocadas umas em cima das outras, outras eram colocadas ao alto, e quando se fabricava um determinado tamanho de reboque os trabalhadores tinham que andar a deslocá-las para poderem retirar as que estavam por baixo, e no fim voltarem a colocar as que não foram utilizadas. Por vezes, os garfos do empilhador danificavam as chapas; e como eram colocadas umas em cima das outras, quando atingia algum peso as quinagens começavam a ceder e depois, na montagem, os trabalhadores tinham retrabalho para tentar corrigir as quinagens.

Esta operação provocava perda de tempo e deslocações desnecessárias. Eram necessários dois trabalhadores (homem do empilhador e trabalhador do setor) e perdiam aproximadamente 30 minutos para cada cinco reboques monocoques. Muitas vezes o empilhador estava a ser utilizado noutras operações, e o setor parava até que o empilhador estivesse disponível.



Figura 18 – Alocação das chapas laterais dos reboques monocoques

3.8 Reboques de taipais



Figura 19 – Reboque de taipais

Após uma reclamação de um cliente, constatou-se que o chassi dos reboques de tapais saía ligeiramente empenado, provocando um desnível entre os extremos e o centro das longarinas cerca de 13 mm, como se pode verificar na Figura 20.



Figura 20 – Empeno do chassi dos reboques de tapais

Pela análise realizada, observou-se que este desnível ocorria nos extremos do chassi e não na zona entre longarinas (meio do reboque).

Este empeno pode ocorrer devido a duas questões. Os perfis usados para a construção do chassi não são suficientemente resistentes, ou então, deve-se à forma/ordem de montagem (soldadura) que os operários seguem, o que pode provocar desalinhamentos sem que estes sejam detetados.

3.9 Instalação elétrica



Figura 21 – Espalhador de estrume e cisterna

Nos espalhadores de estrume e nas cisternas o principal problema eram as ligações elétricas. Estas eram totalmente realizadas no setor dos acabamentos, isto é, os componentes eram comprados e montados um a um neste setor. Havia situações em que os cabos apresentavam comprimentos maiores, outras vezes mais curtos, e as ligações eram feitas em zonas diferentes. Com a entrada em novos mercados, é necessário alterar/acrescentar componentes de iluminação devido às legislações desses países e aquelas diferenças poderiam conduzir a erros de montagem.

O problema em questão estava nas fichas de ligação. Estas não podiam levar fita isoladora para o caso de o proprietário desejar desligar o circuito elétrico. Este pormenor traz problemas em relação à água, como podemos constatar na Figura 22.

O tempo que demora a montar a instalação elétrica das cisternas de grandes dimensões é aproximadamente 3 horas.

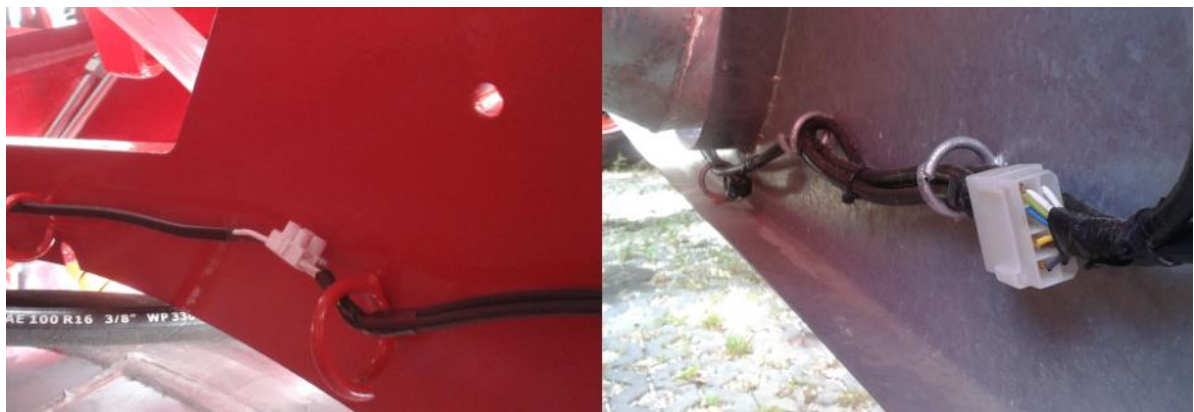


Figura 22 – Ligações elétricas das cisternas

3.10 Normalização dos tubos de longarina

Todos os tubos são comprados à empresa Ferpinta. Os tubos podem ser requisitados com 6, 8 ou 12 metros. Praticamente todos os chassis superiores e inferiores dos reboques são constituídos por longarinas em tubo. Com uma vasta gama de dimensões das diferentes alfaias, há inúmeras dimensões de longarinas; desta forma, a quantidade de desperdício criado é elevada.

Por exemplo: para um reboque com um comprimento de longarina de 5,5 metros é necessário um tubo de 12 metros (cada reboque tem duas longarinas), sobrando 1 metro. Normalmente a parte que sobra do tubo não tem as dimensões desejadas para outra qualquer aplicação, tornando-se assim em sucata.

4 Soluções propostas

Para implementar todas as alterações é necessário modificar as estruturas de produto. No início as estruturas de produto eram constituídas pelo código da alfaia e este código chamava os componentes da mobilização (montagem das alfais), pintura e acabamentos. Com a implementação deste projeto a estrutura de produto passa a ser constituída por um 4 comercial que se divide num 4 produção e num 5 kits.

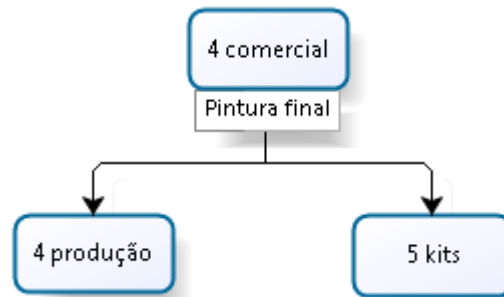


Figura 23 – Esquema das estruturas de produto

O 4 comercial é designado pelo código da alfaia; esta secção é aberta pelo setor comercial da Empresa e “chama” a pintura final pois só é aberto quando é realizada uma encomenda.

O 4 produção é aberto no sistema quando é dada a ordem de fabrico, nesta altura todo o material é produzido, montado e os componentes dos 5 kits ficam reservados.

Quando é feita uma encomenda abre-se o 4 comercial, os componentes do 5 kits são requisitados e a alfaia é terminada para ser entregue ao cliente.

O 4 comercial, 4 produção e o 5 kits são designações dadas pela Empresa para melhor divisão das tarefas e diferentes etapas sofridas pelas alfaias no decorrer da sua produção.

4.1 Pás niveladoras

Pá niveladora hidráulica

A implementação da metodologia *lean* tem como objetivo a eliminação de desperdícios, principalmente na redução do transporte de material e nas movimentações dos trabalhadores na procura de ferramentas, material, etc.

Depois da análise à alfaia em questão, ficou óbvio que era uma necessidade retirar os dois cilindros da parte da produção e colocá-los apenas na altura dos acabamentos. Esta pequena alteração provoca grandes alterações no procedimento da construção. Foi necessário criar um código para os cilindros de forma a dar ordem de pintura, colocar pontos de lubrificação e criar o desenho (Anexo A).

Ao retirar os cilindros era necessário colocar algo a substituí-los porque a pá não se pode mexer no transporte. Uma solução económica, simples, de rápido fabrico e de fácil armazenamento seria o ideal. Logo, uma solução viável era a criação de barras com a forma de osso, ambas com o mesmo comprimento para evitar trocas na montagem (Anexo B). Com isto conseguem-se utilizar restos de chapa que eram sucata e cortar a laser, o que proporciona rapidez no fabrico e um bom controlo dimensional.



Figura 24 – Barra de substituição do cilindro hidráulico da pá niveladora

A pá, ao ser pintada com todos os componentes leva a um acabamento com menor qualidade. Como exemplo; caso o proprietário tencione mudar a posição do cilindro, ao retirá-lo, a marca da posição atual vai ficar visível como mostra a Figura 25.



Figura 25 – Marca do cilindro por ser pintado junto com a pá

O descanso da pá niveladora ao ser pintado vai acabar por perder a tinta devido ao retirar/colocar do mesmo, por esta razão, tornou-se indispensável zincar o descanso e consequentemente as cavilhas. Esta mudança obrigou a mexer com a ordem a dar às peças e, por este motivo, foi necessário atualizar o desenho do descanso (Anexo C).

Desta forma, não faz sentido pintar as cavilhas depois destas serem zincadas; portanto, criou-se um conjunto para pás niveladoras hidráulicas. Este conjunto é constituído pelas barras em forma de osso e por todas as cavilhas utilizadas na pá.

Uma das vantagens da colocação das barras é que se conseguiu colocar a pá no sistema de pintura automática (base aquosa), devido ao facto da pá ir sem os cilindros para pintar. Desta forma consegue-se fazê-la passar pela porta da estufa, que tem 1,5 m de largura. Na Figura 26 seguinte podemos ver este processo.



Figura 26 – Pá niveladora hidráulica na pintura automática

A pá niveladora passa a ir para parque conforme se vê na Figura 27, formando aproximadamente 90° entre pá, cabeçote e coluna.

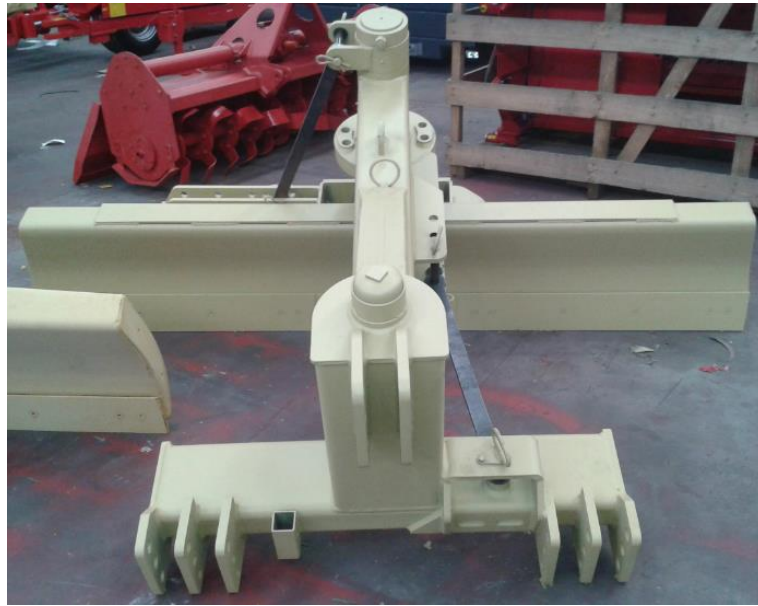


Figura 27 – Componentes pá niveladora que seguem para parque

Foram criados trinta conjuntos, pois normalmente são fabricadas vinte niveladoras e o *stock* existente na altura é de dez. Ao criar estes conjuntos foi necessário armazená-los quando retirados das pás. Havia duas hipóteses de local de armazenamento, ou eram armazenados no setor de construção ou no setor dos acabamentos, pois é por lá que passam as operações das pás niveladoras. Os conjuntos foram armazenados num caixote já existente, recuperou-se e criaram-se divisões para cada tipo de cavilha, chaveta e barra (Anexo D). O caixote foi colocado no setor dos acabamentos porque com este novo método de trabalhar, quando a encomenda é realizada, a alfaia já não vai para o setor de produção para retirar os cilindros, mas sim diretamente para os acabamentos. Desta forma, os colaboradores retiram as barras e as cavilhas e colocam no caixote. Quando é dada a ordem de fabrico o caixote segue para o setor de produção com todos os conjuntos que já foram colocados devido à saída de pás.



Figura 28 – Caixote para armazenamento dos conjuntos de substituição dos cilindros

Como estas mudanças nem sempre são fáceis de coordenar devido ao facto dos colaboradores terem feito sempre de uma forma e agora ser diferente, e nem sempre estas alterações são vistas com agrado, para combater o erro, criou-se uma instrução de montagem para colocar no setor da produção. Quando o trabalhador sente a falta dos cilindros, vai procurar respostas, tendo disponível o guia, de forma a obter a montagem correta do novo conjunto (Anexo E).

A pá no final fica com uma qualidade superior e o tempo entre encomenda e entrega diminui cerca de um dia, porque apesar do tempo entre reparação dos cilindros e a colocação dos mesmos ser de aproximadamente duas horas, muitas vezes os cilindros permaneciam nos setores durante bastante tempo até que o trabalhador tivesse disponibilidade para poder verificá-los e colocá-los novamente.



Figura 29 – Estado final da pá niveladora hidráulica

Pá niveladora mecânica

A pá niveladora mecânica sofreu poucas alterações. Foram simplesmente retirados o descanso e as abas laterais e colocados na parte dos acabamentos. Foi dada ordem de zincagem ao descanso e as abas foram pintadas de cinza, como se pode verificar na Figura 30.



Figura 30 – Estado final da pá niveladora mecânica

4.2 Charruas hidráulicas

Charrua 1 e 2 ferros 180°

Utilizando os mesmos objetivos que nas pás niveladoras, criou-se uma barra em forma de osso para substituir o cilindro (Anexo F). Neste caso, como as charruas são um produto com baixa rotatividade, optou-se por deixar as mesmas cavilhas; assim, é aceitável colocar uma cavilha nova no momento da venda, caso seja necessário.

Para ambas as charruas a barra é a mesma, pois a única diferença entre elas é o número de aivecas: a charrua de 1 ferro tem duas aivecas e a de 2 ferros tem quatro aivecas. Foi necessário criar um código para os cilindros de forma a dar ordem de pintura. Os cilindros das charruas já veem com ponto de lubrificação.

Como já foi referido anteriormente, estas alfaia iam pintadas para parque, o que implicava que no momento da venda tivessem de ser pintadas novamente. Alterando a estrutura de produto passamos a ter um produto pintado só com primário e sem o cilindro.



Figura 31 – Componentes da charrua que seguem para parque

Charrua 1 ferro 90°

Nesta alfaia o cilindro é diferente das charruas a 180°. O próprio cilindro tem apoios para se fixar na charrua, por isso foi necessário procurar cavilhas existentes na Herculano que se adaptassem a esta alfaia.

Para todas as charruas foi criada uma instrução de montagem para auxiliar os trabalhadores na montagem das barras (Anexo G) tal como acontece para as pás niveladoras (Anexo H). Foi construído um caixote para estar na zona dos acabamentos onde serão colocadas as cavilhas e as barras das diferentes charruas (Anexo I).



Figura 32 – Colocar imagem da charrua com a barra

4.3 Carregadores frontais

O estudo a realizar para esta alfaia vai implicar uma análise às alterações provocadas na estrutura da fábrica (*layout*) e no modo de fabrico dos carregadores.

O objetivo é criar uma estrutura de produto onde a secção do 4 produção é constituído por:

- Braços do carregador
- Estrutura de engate ao trator
- Engate automático dos acessórios
- Alma dos descansos
- Conjunto de ligação braços/engate automático

e secção do 5 *kits* é constituída por:

- Mangueiras hidráulicas
- Cilindros hidráulicos
- Tubos hidráulicos
- Material bicone
- Joelhos de ligação aos cilindros
- *Kits* de válvulas
- Cavilhas
- Descansos
- Abraçadeiras

Os conjuntos do 4 produção são pintados individualmente. Com este método a pintura fica mais complexa, pois é necessário isolar todos os furos que acoplam os casquilhos de sacrifício dos elementos rotativos para garantir que todas as cavilhas entrem sem dificuldade.

Em relação aos componentes do 5 kits (motivo forte desta mudança), as cavilhas e descansos são zincados, o tubo hidráulico será trocado por tubo hidráulico zincado e os acessórios de bicone e hidráulicos (válvulas) ficam com a cor original.



Figura 33 – Kit hidráulico do carregador frontal

Estas alterações implicam mudanças logísticas no setor de montagem dos carregadores e a criação de um novo armazém é indispensável, pois os conjuntos estão referenciados na estrutura de produto e têm de estar contabilizados individualmente em *stock* e num local fixo.

O setor dos carregadores deixa de albergar todos os conjuntos em bruto para se tornar numa linha de montagem com as condições necessárias para a montagem de componentes acabados.

Por este motivo, é necessário trocar a bancada existente por uma que permita a colocação do carregador sem o danificar. Visto não ser possível expandir o setor de montagem, foram retiradas algumas estantes que já não serão necessárias pelo facto de agora não serem armazenados todos os conjuntos no setor, mas apenas os conjuntos para satisfazerem as encomendas realizadas.

Ao deixar de haver produtos praticamente acabados para passar a haver conjuntos divididos e montados no fim, o prazo de entrega pode aumentar. Por isso, é necessário manter em *stock* pelos menos dois carregadores de cada modelo completamente acabados, de forma a garantir o prazo de entrega sem criar pressões no setor dos acabamentos e da montagem.

A Figura 34 mostra o atual armazenamento no setor de montagem dos carregadores. Com este método os conjuntos passam a ficar com a mesma disposição no armazém criado e pintados de primário.



Figura 34 – Armazém do setor de montagem dos carregadores frontais

Para a alfaia em estudo há dois tipos de encomendas; logo, vamos ter duas abordagens distintas no ato da execução.

Quando a encomenda requer a amarração ao trator, os conjuntos são levados para o setor de amarração dos carregadores. Nesta altura são utilizadas as estruturas de engate ao trator e os braços do carregador. Para garantir uma boa amarração ao trator é necessário seis cavilhas e duas barras que substituam os cilindros e que tenham um comprimento igual ao dos cilindros totalmente fechados (Anexo J).

Na Figura 36 pode-se analisar os componentes que seguem para amarração.

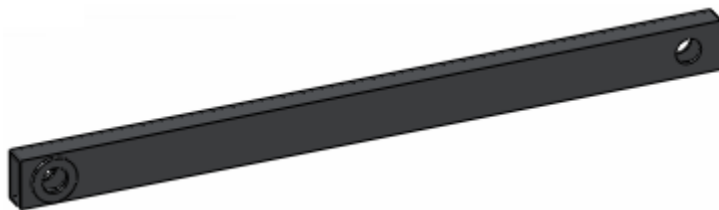


Figura 35 – Barra de substituição dos cilindros dos carregadores frontais

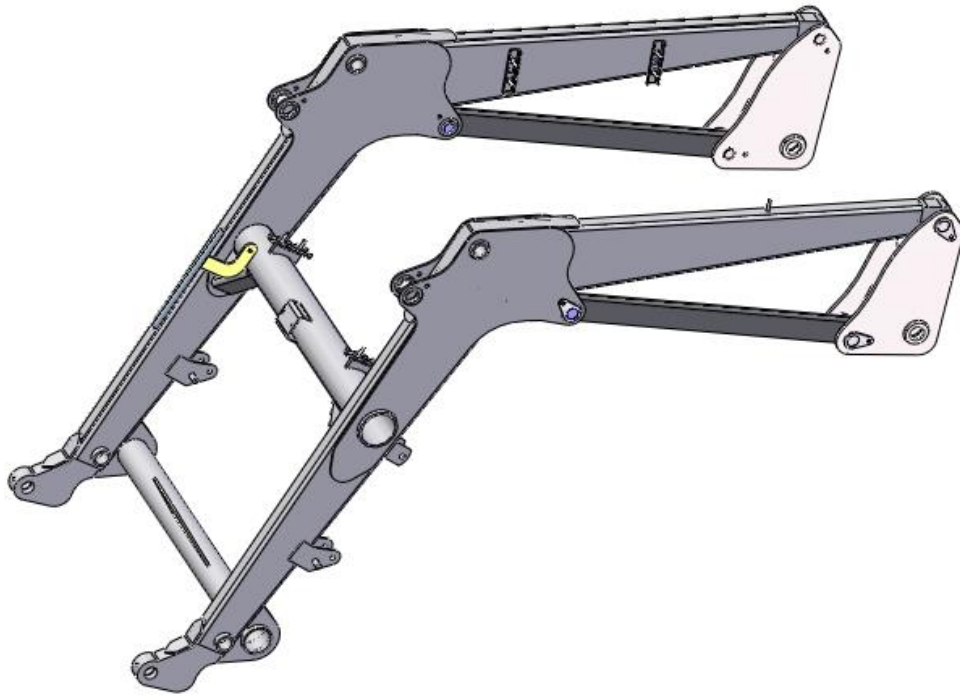


Figura 36 – Componentes necessários para realizar a amarração

Depois da amarração concluída retiram-se as cavilhas e as barras e, os conjuntos vão para pintar de cinza. Após a pintura, regressam ao setor de montagem para colocar todos os componentes do 5 kits, é feito o teste à parte hidráulica do carregador e por último acoplado ao trator para este ser entregue ao cliente.

Se a encomenda pretender apenas o carregador, os conjuntos seguem diretamente para a pintura, depois são levados para o setor da montagem, o carregador é montado, é realizado o teste à parte hidráulica e segue para o cais.

O teste hidráulico é realizado no setor de amarração e recorre-se a uma estrutura que simula um trator como se pode ver na Figura 37.



Figura 37 – Teste hidráulico ao carregador frontal

Com este novo método os carregadores ficam com uma qualidade superior como se pode constatar na Figura 38.



Figura 38 – Carregador no final da implementação do projeto

Com esta alteração na produção, os componentes vão fazer mais deslocações, o que aumenta a probabilidade de se danificarem. Como são transportados com pintura, é necessário criar um carro com proteções para garantir a segurança dos conjuntos.

4.4 Reboques Monocoque

Para resolver o problema da fixação dos cabos elétricos, foi colocado um varão de 8 mm ao longo da longarina (Anexo K), de forma a guiar os cabos sem estes fazerem ondulação e ficarem fixos.

Desta forma a construção é simples, os cabos elétricos são fixados com abraçadeiras de plástico (recorrendo a um alicate de aplicação de abraçadeiras), os furos na longarina deixam de existir, melhorando o aspeto e não tirando resistência à própria longarina.



Figura 39 – Alicates de aplicação de abraçadeiras

Para facilitar a colocação do varão e evitar erros, foi criada uma chapa (Anexo L) que garante a altura a que o varão deve ser colocado e também permite a sua sustentação enquanto não está soldado às longarinas, como mostra a Figura 40.



Figura 40 – Chassi do reboque monocoque com varão



Figura 41 – Instalação elétrica após a alteração



Figura 42 – Instalação elétrica após a alteração



Figura 43 – Tubos para passar cabo elétrico

Em relação aos *kits* de iluminação, foi marcada uma reunião com a empresa SIM, fornecedora destes componentes, e procedeu-se à troca do passa-fios do farolim por um que fosse mais justo e que impedisse a entrada de água; os farolins passaram a ter um furo na parte inferior para a água da chuva ou dos próprios condensados poder sair.

Para tentar resolver o problema do armazenamento das chapas laterais dos reboques monocoques, foi dimensionada uma estante para o setor dos monocoques. Devido à dimensão das chapas e ao espaço existente entre pilares da estrutura das pontes rolantes, a estante pode atingir no máximo 8,7 metros de largura. Assim, a disposição das chapas teve que ser estudada de modo a otimizar a largura que estas iam ocupar e distribuir o peso da forma mais uniforme possível.

Foi ainda pensado qual o melhor método a utilizar para o abastecimento da estante. O sistema FIFO não podia ser utilizado devido às características das chapas e ao seu modo de empilhamento. O sistema FILO era o mais adequado. Outra das questões do abastecimento era: a estante seria abastecida pela frente ou por trás. Ao abastecer por trás, esta tarefa não traz transtorno para os trabalhadores que estão a trabalhar em frente à estante, mas este tipo de abastecimento necessita que haja espaço suficiente atrás da estante para o empilhador conseguir colocar as chapas e, caso o *stock* do respetivo modelo de chapa não seja zero, não é possível colocar mais nenhuma sem retirar as que estão armazenadas, devido a estas serem quinadas.

Apesar da alternativa trazer algum transtorno ao setor na hora do abastecimento, esta é a melhor opção porque as chapas podem sempre ser colocadas independentemente das existentes e a própria estrutura da estante torna-se mais simples e segura visto que, com esta forma de abastecimento, a estante pode ter costas (não há o risco de as chapas caírem).

Depois desta análise, no máximo, só se consegue colocar três variedades de chapas por andar. Como existem quinze modelos de chapas, a estante tem de ter cinco andares de prateleiras, dos quais o primeiro é inserido na própria base da estrutura, não entrando assim para o dimensionamento do tubo principal. Na Tabela 3 encontra-se o esforço aplicado a cada andar da estante. Estes valores foram calculados pelo peso de dez chapas de cada modelo.

Tabela 3 – Força exercida em cada andar da estante

Andar	Peso (kg)	Força (N)
5	4820	47284
4	4500	44145
3	4990	48952
2	4970	48756
1	4950	48560
		189137

Para o dimensionamento da estante foram tidos em conta os tubos existentes na empresa e que não tinham grande saída e, caso necessário, utilizar os que têm mais rotatividade por questões comerciais.

Os tubos utilizados para a estrutura principal eram sobras de projetos já concluídos. Estes estavam no parque das alfaias e não estavam contabilizados em *stock*. Por este motivo, foram utilizados, apesar de tornarem a estrutura principal subdimensionada.



Figura 44 – Estrutura principal da estante

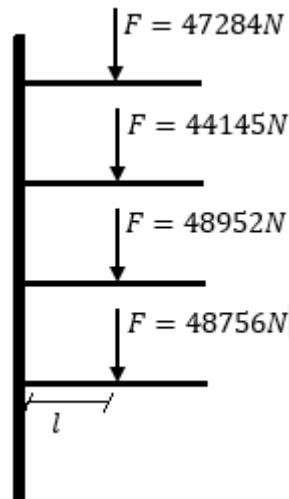


Figura 45 – Diagrama de esforços da estrutura principal

$$F_T = 189137N$$

$$M_f = F_T \times l = 189137 \times 0,675 = 127667N.m = 128kN.m$$

$$\frac{\sigma}{c.s.} \geq \frac{M_f}{W} \Rightarrow \frac{275 \times 10^6}{2} \geq \frac{127667}{W} \Rightarrow W \geq 928 \times 10^{-6}m^3 = 928cm^3$$

Com um tubo de 220x10 temos um momento resistente de 526 cm³. A estante vai ser constituída por cinco tubos, dos quais, os tubos dos extremos estão submetidos a metade da carga. Desta forma, é como se a estante fosse constituída por quatro tubos o que dá um momento resistente de 2104 cm³.

De forma a ajudar a ligação entre o tubo principal e o tubo de sustentação das prateleiras, foi colocada uma peça de forma triangular. Com isto, reduz-se o comprimento de tubo à flexão, como podemos verificar na Figura 46.

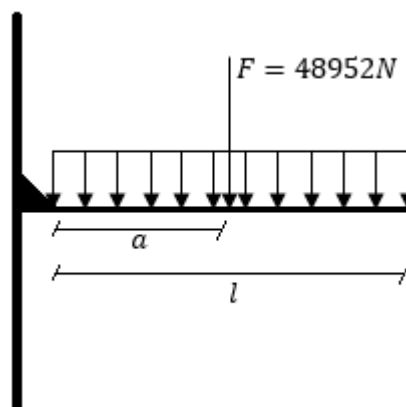


Figura 46 – Diagrama de esforços do tubo de sustentação das prateleiras

Para o dimensionamento deste tubo foi utilizada a carga máxima a que um andar está sujeito (3º andar). Como aconteceu no tubo principal, a força máxima vai ser dividida por quatro tubos.

$$M_f = F_{max} \times a = \frac{48952}{4} \times 0,605 = 7404 N.m$$

$$\frac{\sigma}{c.s.} \geq \frac{M_f}{W} \Rightarrow \frac{275 \times 10^6}{2} \geq \frac{7404}{W} \Rightarrow W \geq 53,8 \times 10^{-6} m^3 = 53,8 cm^3$$

Foi calculada a flecha máxima sofrida pelo tubo para analisar se era necessário colocar um ângulo na montagem da estrutura que contrariasse a flecha, o que se verificou desnecessário.

$$y_{max} = -\frac{F \times a^2}{6EI} \times (a - 3l) = -\frac{12238 \times 0,605^2}{6 \times 206 \times 10^9 \times 597 \times 10^{-8}} \times (0,605 - 3 \times 1,21) = 0,0018m = 1,8mm$$

Para o momento resistente de 53,8 cm³ o tubo escolhido foi 140x80x6. O tubo tem uma altura elevada porque as prateleiras são aparafusadas ao conjunto principal.

As prateleiras são constituídas por dois tubos diferentes. Os tubos principais têm 1,9 metros de comprimento e os tubos de apoio para as chapas têm 1 metro. Para o seu dimensionamento utilizou-se a força máxima que podemos ter num conjunto de chapas.



Figura 47 – Estrutura da prateleira

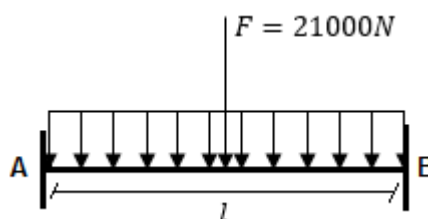


Figura 48 – Diagrama de esforços do tubo principal da prateleira

$$M_A = M_B = \frac{F_{max} \times l}{8} = \frac{21000 \times 1,9}{8} = 4988 N.m$$

$$\frac{\sigma}{c.s.} \geq \frac{M_f}{W} \Rightarrow \frac{355 \times 10^6}{2} \geq \frac{4988}{W} \Rightarrow W \geq 28,1 \times 10^{-6} m^3 = 28,1 cm^3$$

Para o momento resistente de 28,1 cm³ o tubo escolhido foi tubo quadrado de 80x5. Como é constituído por dois tubos, o momento resistente é de 56,2 cm³.

Em relação aos tubos de apoio das chapas, para o empilhador conseguir colocar as chapas, é necessário que os tubos tenham no mínimo 80 mm de altura.

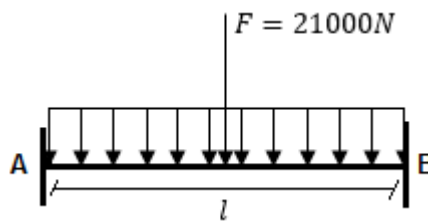


Figura 49 – Diagrama de esforços do tubo de apoio das chapas

$$M_A = M_B = \frac{F_{max} \times l}{8} = \frac{21000 \times 1}{8} = 2625 N.m$$

$$\frac{\sigma}{c.s.} \geq \frac{M_f}{W} \Rightarrow \frac{275 \times 10^6}{2} \geq \frac{2625}{W} \Rightarrow W \geq 19,1 \times 10^{-6} m^3 = 19,1 cm^3$$

Para o momento resistente de 19,1 cm³ o tubo escolhido foi 80x40x4. Cada prateleira é constituída por três tubos, o que implica um momento resistente de 48,6 cm³.

Como cada prateleira tem três tubos de apoio das chapas, a disposição das chapas não precisa de ser tão rigorosa, porque estas vão assentar sempre em pelo menos três tubos.

Os desenhos de todos os conjuntos e peças anteriormente descritas podem ser consultados no Anexo M.

As prateleiras são fixas às estruturas principais através de quatro parafusos M20 (Aço 8.8). Os parafusos estão sujeitos a esforços cortantes.

A tensão de corte máxima é calculada pela força máxima exercida no parafuso a dividir pela área do menor diâmetro do parafuso.

$$\tau_{m\acute{a}x} < R_p$$

Como o diâmetro do parafuso é maior do que 16 mm, o Rp é de 640 Mpa (Anexo N).

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{F_{m\acute{a}x}}{A_r} = \frac{48952}{225} = 54,4 N/mm^2$$

As dimensões da estante são: 8,7 metros de largura, 4,1 metros de altura e 1,3 metros de profundidade. O preço da sua construção é apenas de 1720€ porque foi aproveitado tubo existente na empresa e que não era utilizado. O orçamento mais detalhado pode ser analisado no Anexo O.



Figura 50 – Localização da estante no setor dos reboques monocoques

4.5 Reboques de taipais

Para tentar combater um dos possíveis motivos para o empeno do chassi, foram realizados alguns cálculos para obter a resistência atual oferecida pela estrutura do chassi e procurar uma possível melhoria no sentido de evitar o empeno sofrido.

Este reboque está dimensionado para uma carga útil de 16 toneladas. Como podemos verificar pela figura seguinte, o chassi do reboque é dividido em três partes. A área total do chassi é de 13,44 m² e a área da superfície em estudo é de 3,75 m² (Anexo P). Assim, a carga da secção para o dimensionamento do perfil para reforçar a estrutura é de 4,47 toneladas.

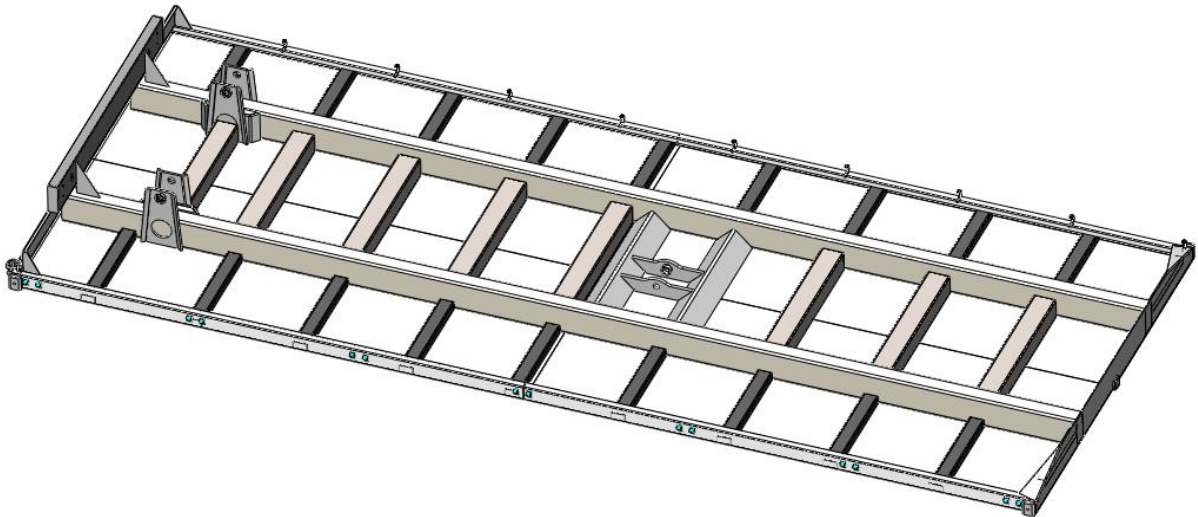


Figura 51 – Parte atual inferior do chassi do reboque de taipais

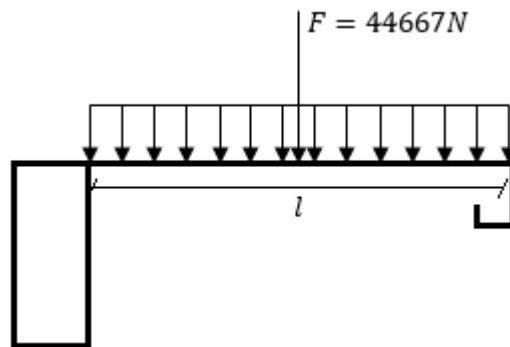


Figura 52 – Carga aplicada na secção em estudo

$$l = 670\text{mm} = 0,67\text{m}$$

$$F_{Total} = 16\text{ton} = 160000\text{N}$$

$$F_{Secção} = 4,47\text{ton} = 44667\text{N}$$

$$M_f = F \times \frac{l}{2} = 44667 \times \frac{0,67}{2} = 14963\text{N.m}$$

Na situação atual o perfil usado é tubo retangular. Para calcular o valor da força do perfil foi necessário recorrer ao teorema de Steiner para determinar o centro de gravidade do perfil em estudo. No Anexo P estão disponíveis os cálculos e a confirmação dos mesmos recorrendo a uma ferramenta do SolidWorks.

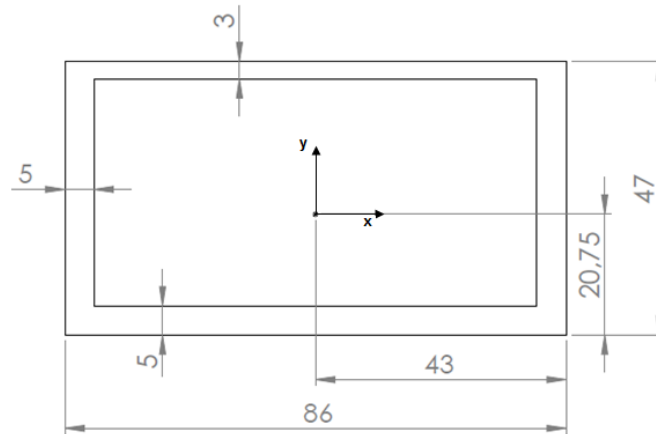


Figura 53 – Cálculo do centro de gravidade do tubo

$$W_{\text{Compressão}} = \frac{I_x}{y_{\text{Compressão}}} = \frac{357264}{20,75} = 17217 \text{ mm}^3 = 17,27 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$W_{\text{Tração}} = \frac{I_x}{y_{\text{Tração}}} = \frac{357264}{26,25} = 13610 \text{ mm}^3 = 13,61 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\frac{\sigma}{c.s.} \leq \frac{M_f}{W_{\text{Tração}}}$$

$$\Rightarrow \frac{235 \times 10^6}{1,5} \leq \frac{F \times \frac{0,67}{2}}{13,61 \times 10^{-6}}$$

$$\Rightarrow F = 6365 \text{ N}$$

Como a parte do chassi em estudo é composta por nove perfis tubulares, a carga total máxima é de 57285 N.

Para combater o empeno do chassi, criou-se um perfil (reforço) que fosse resistente à carga e que tivesse uma base de apoio à longarina superior à da situação atual de forma a evitar que a chapa do chassi empene com tanta facilidade (Anexo Q).

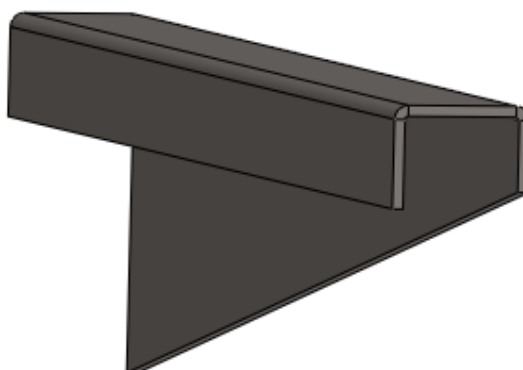


Figura 54 – Perfil para combater empeno do chassi

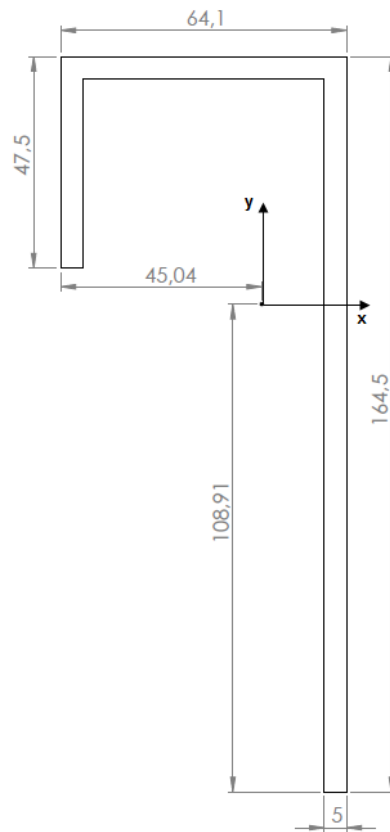


Figura 55 – Cálculo do centro de gravidade do perfil

$$W_{\text{Compressão}} = \frac{I_x}{y_{\text{Compressão}}} = \frac{3487761}{108,9} = 32027 \text{ mm}^3 = 32,03 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$W_{\text{Tração}} = \frac{I_x}{y_{\text{Tração}}} = \frac{3487761}{55,6} = 62729 \text{ mm}^3 = 62,73 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\frac{\sigma}{c.s.} \leq \frac{M_f}{W_{\text{Tração}}}$$

$$\Rightarrow \frac{235 \times 10^6}{1,5} \leq \frac{F \times \frac{0,67}{2}}{32,03 \times 10^{-6}}$$

$$\Rightarrow F = 14979 \text{ N}$$

Perante este valor, tendo em conta que o empeno é maior nos extremos do reboque e para evitar a quebra das chapas de fundo na zona da ligação de ambas, colocaram-se três perfis de calha e oito perfis tubulares de cada lado, com a disposição presente na Figura 56.

O desenho da nova estrutura do reboque encontra-se no Anexo P.

Com esta solução obtém-se uma força total de 95857 N que corresponde a mais 67% de resistência do que na situação atual.



Figura 56 – Parte inferior do chassi com os perfis

Foi constatado também que, para a diminuição do empeno, era aconselhável soldar primeiro os seis perfis de calha e só depois soldar os perfis tubulares; isto porque, ao soldar primeiro os perfis de calha, eles ao arrefecerem criam mais resistência. Ao soldar sequencialmente, a estrutura ia começar a empenar ligeiramente.

Com esta implementação, o empeno do chassi passou a ser de 2 a 4 mm. Apesar do custo de produção ter aumentado 15,3€, visto que o preço de cada perfil de calha é de 3,5€ e o preço de cada tubo é de 2,85€, o investimento foi viável pois o problema ficou praticamente resolvido.



Figura 57 – Empeno do chassi dos reboques de taipas depois da aplicação das calhas

4.6 Instalação elétrica

Para eliminar o problema descrito no tópico 3.9, foram criados *kits* de iluminação. As ligações elétricas dos *kits* são à prova de água.

Uma das vantagens da criação destes *kits* é a normalização das alfaias. Para as cisternas de maior dimensão (10000 a 20000 litros) a única distância que altera entre os diferentes modelos é o comprimento. O excesso de cabo não é um problema visto que a cisterna tem uma zona onde o cabo pode ficar enrolado sem causar nenhum tipo de transtorno. Outra das vantagens é, sem dúvida, a montagem muito mais rápida visto que não é necessário andar a fazer ligações elétricas.

Nos espalhadores de estrume de pequena dimensão (4000 a 6500 kg) e para as cisternas de pequena dimensão (3000 a 8000 litros), o comprimento e a largura alteram conforme o modelo; mesmo havendo estas diferenças, conseguiu-se criar um *kit* que desse para todos os modelos.

O tempo de instalação do *kit* de iluminação das cisternas de grandes dimensões passou de aproximadamente 3 horas para 2 horas, o que é um valor considerável visto que o setor dos acabamentos trabalha sempre sobre pressão e tem prazos de entrega apertados.

Para países como, por exemplo, a Bélgica, as luzes laterais de três em três metros são obrigatórias, o que não acontece em todos os países, nomeadamente em Portugal.

Desta forma, ao criar um *kit* de iluminação para cada país de exportação, não é necessário realizar alterações ao *kit* base (*kit* Portugal) da alfaia em questão. Esta filosofia foi adotada para as alfaias com maior exportação e tendo em conta a legislação dos diferentes países.

Os esquemas dos *kits* de iluminação podem ser analisados no Anexo R.

4.7 Normalização dos tubos de longarina

Na tentativa de reduzir o desperdício de matéria-prima, foram estudadas as dimensões de todas as longarinas de cada reboque, com o objetivo de otimizar o comprimento necessário de tubo e, caso possível, utilizar um único tubo para cada reboque.

Com esta alteração, a estrutura de produto do reboque deixa de ter a quantidade necessária de tubo para a sua construção em metros e passa a ter à unidade, o que, para efeitos de inventário e de encomendas, é muito mais simples de gerir.

Por exemplo: para um reboque com um comprimento de longarina de 5,5 metros, é encomendado um tubo com 11 metros, eliminando o desperdício.

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

5.1 Conclusões

A melhoria da qualidade dos produtos e a redução de custos devido à eliminação de desperdícios é cada vez mais importante nos dias de hoje. A concorrência cada vez mais forte provoca a necessidade das empresas tomarem medidas para melhorarem os seus processos e terem a maior rentabilidade sobre o espaço, a tecnologia, as pessoas, etc.

Todo este processo de melhoria do produto e reorganização das estruturas de produto foi feito com base na metodologia *lean*, que no final revelou-se bastante importante para a diminuição de desperdícios, com custos de aplicação praticamente nulos. Apesar das vantagens desta metodologia, para atingir o sucesso é necessário o empenho e persistência de todas as pessoas envolvidas neste projeto, porque nem sempre as mudanças são vistas com agrado; por isso, é necessário manter as pessoas focadas e motivadas para a mudança. O saber lidar com as pessoas, ouvir as opiniões, respeitá-las, procurar soluções em conjunto é muito importante para a realização das mudanças com êxito.

Para uma melhor organização dos processos, material e *stocks*, as estruturas de produtos devem estar corretas, de forma a não requisitar material desnecessário, que mais tarde pode causar erros na montagem dos produtos, danificarem-se, ou que ficam a ocupar espaço nos setores.

Todas as soluções encontradas têm de ser cuidadosamente analisadas, tendo em conta os custos incrementais que poderá ter uma alteração e ponderar se valerá ou não a pena investir na melhoria do produto em questão.

Na primeira parte do projeto foi estudada uma forma para que algumas alfaias fossem para parque com menos componentes ou modificá-los de forma a resistirem às intempéries e melhorar o aspeto final do produto. Ao retirar os componentes que se danificavam foi necessário criar conjuntos que os substituíssem. Estas peças foram armazenadas num caixote; assim, sempre que uma alfaia fosse preparada para venda, os conjuntos eram retirados e colocados no caixote e, quando fosse dada a ordem de fabrico da respetiva alfaia, o caixote seguia para o setor.

Esta alteração trouxe benefícios significativos no desperdício de tempo e de deslocações do material/trabalhadores para colocar as alfaias operacionais. O retrabalho que as alfaias requeriam era considerável e o custo de novos componentes para substituição, caso fosse necessário, era elevado.

A criação de instruções de montagem revelou-se bastante importante para que os trabalhadores saibam o que fazer, sem terem de procurar respostas, correndo o risco de obter informações erradas e o procedimento não corresponder ao idealizado pelo projetista.

Na segunda parte do projeto, a melhoria do produto passou pela criação de componentes, *kits*, sistemas de armazenamento e mudanças no *layout* da fábrica.

A mudança com maior impacto para a empresa seria nos carregadores frontais. Este é um setor que tem muito para melhorar mas, por outro lado, qualquer mudança requer muita reflexão sobre os prós e os contras das alterações. Sem dúvida que, ao aplicar as alterações descritas na presente dissertação, o produto final ficava com um acabamento totalmente diferente. Por falta de espaço no setor, devido à existência de dois processos de saída (cliente final ou amarração ao trator), mudança radical no *layout*, e principalmente pela resistência que os trabalhadores causaram para qualquer tipo de mudança; este capítulo passou para a alta

direção para que, desta forma, fossem calculados os custos da implementação destas alterações, visto que o número de carregadores produzidos ia diminuir, ia aumentar o transporte de peças acabadas (com o consequente aumento do risco de danificar), o cuidado a ter na montagem ia aumentar bastante, ia implicar alterações nos meios existentes como, por exemplo, estantes para armazenamento de peças acabadas, bancadas de montagem, estruturas de armazenamento para os *kits* hidráulicos. Com esta mudança seria necessário criar no setor um *layout* em linha para fazer a montagem dos carregadores o mais rapidamente possível e sem danificar os seus componentes.

De forma a minimizar as deslocações e a dependência de trabalhadores externos do setor (empilhador) para a realização de tarefas nos setores, a estante dimensionada para o armazenamento das chapas dos reboques monocoques foi bastante útil. Com a estante, a tarefa de retirar as chapas para colocação nos reboques passou a ser feita apenas por um trabalhador do setor e no momento pretendido. A criação da estante foi vista com agrado pelos trabalhadores.

Visto que a estante ia suportar bastante peso, ter grandes dimensões e, principalmente, uma estrutura de forma particular, foram aplicados conhecimentos de mecânica das estruturas para a realização do seu dimensionamento.

Relacionado com a construção do reboque de taipais e com a colocação das calhas, o empeno foi contrariado, visto que estas oferecem mais resistência à flexão. Mesmo assim teve de se pensar em alterar a estrutura do reboque para evitar estes empenos; como exemplo: a chapa do fundo deixar de ser quinada e passar a haver um chassi independente e, no final, soldar a chapa ao chassi. Concluiu-se também que o fator principal responsável por este empeno é a soldadura. É muito difícil controlar o movimento realizado pelo material devido ao aquecimento provocado pela soldadura; por esta razão, foram reduzidos os comprimentos dos cordões de soldadura para minimizar o empeno sofrido pela chapa.

Com o objetivo de reduzir tempos de instalação, resolver os problemas de humidade e obter a normalização das alfaías em termos de iluminação, a criação de *kits* de iluminação foi um passo importantíssimo. Para treze modelos de cisternas e quatro modelos de espalhadores de estrume, foram necessários apenas dois *kits*. Desta forma, diminui-se a quantidade de códigos de *kits* de iluminação, diminui-se o *stock* no setor dos acabamentos e reduzem-se os erros.

A normalização dos tubos das longarinas revelou-se uma grande vantagem na redução de desperdício de tubo. As quantidades a encomendar tornaram-se mais simples de realizar porque eram feitas à unidade e na maior parte dos reboques bastava um único tubo para realizar a sua construção (o número de tubos necessários era igual ao número de reboques em construção). Nos reboques de maiores dimensões (comprimento da longarina maior do que 6 metros), o número de tubos necessários para a sua construção era o dobro do número de reboques a produzir (a longarina com maior dimensão tem 7,9 metros).

Com esta dissertação, foi possível aprofundar o conhecimento sobre a atividade fabril e os problemas/questões que diariamente ocorrem. Ficou clara a importância de um bom planeamento dos processos, do diálogo com os trabalhadores e da sua integração no projeto de mudança, pois foi constatado que, na presente dissertação, a resistência à mudança foi notória.

A metodologia *lean* é uma ferramenta muito importante para a redução de desperdícios e o bom planeamento das ações pode ter uma grande influência no fluxo produtivo.

Pela sazonalidade da produção, não foi possível no período de tempo da dissertação comparar o fluxo produtivo antes e depois das alterações em todas as alfaías estudadas.

5.2 Perspetivas de trabalho futuro

Devido à elevada gama de alfaias que a Herculano tem ao dispor dos clientes, é necessário aplicar a metodologia *lean* a todos os setores da fábrica, para melhorar os tempos de resposta e de entrega, melhorar a qualidade dos produtos, diminuir as inevitáveis falhas humanas e reduzir custos de produção.

Nos setores de produção, nem sempre os desenhos técnicos estão atualizados. Seria de enorme importância fazer chegar os desenhos previamente sempre que fossem abertas ordens de fabrico para evitar que as peças sejam feitas com o projeto antigo e depois tenham de ser retificadas ou basicamente irem para a “sucata”.

Tendo em conta que o setor dos acabamentos é uma parte crítica da empresa, é necessário valorizar o trabalho realizado, apostando na formação e motivação dos seus trabalhadores. A qualidade do produto depende cada vez mais dos acabamentos, a realização das tarefas deve ser feita com empenho e todos os pormenores são importantes.

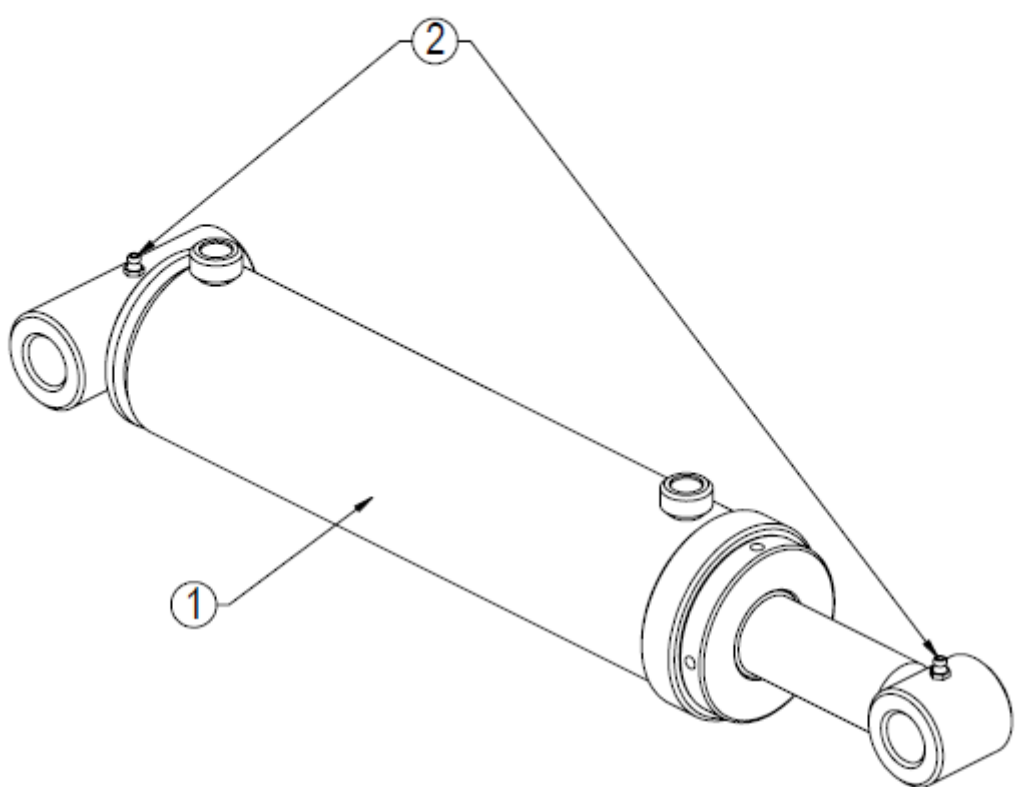
A aposta em alfaias inovadoras e em novos processos de fabrico deve ser privilegiada, aproveitando sugestões dos trabalhadores que de uma forma ou de outra estão ligados à agricultura.

Referências

- Algarte, W., D. Quintanilha. 2000. *A história da qualidade e o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade*. INMETRO.
- Barboza, R. 2005. *Reduzindo as Perdas com o Lean Manufacturing*. Revista Banas Qualidade.
- Christopher, Martin. 2007. *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços*, 2ª ed. São Paulo: Pioneira.
- Coronado, R. B. e F. Antony. 2002. "Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations". *TQM Magazine* no. 14 (2):92-99.
- Davenport, T. H. 1998. "Putting the enterprise into the enterprise system". *Harvard business review* no. 76 (4):121-131.
- Eckes, G. 2001. *A revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro*. 4ª ed.: Elsevier.
- Floyd, Raymond C. 2010. *Liquid lean: developing lean culture in the process industries*. CRC Press.
- Garcia, S. 2004. *Mudança Organizacional: Como a Cultura Interfere no Processo de Transformação*. CLADEA.
- Instituto Português da Qualidade. 2000. *Sistemas de gestão da qualidade fundamentos e vocabulário* (ISO 9000:2000) NP EN ISO 9000 2000.
- Jacobs, F. Robert. 2011. *Operations and supply chain management*. McGraw-Hill.
- Laurindo, Fernando José Barbin e MA de MESQUITA. 2000. "Material Requirements Planning: 25 anos de história; uma revisão do passado e prospecção do futuro". *Revista Gestão & Produção* no. 7 (3):320-337.
- Little, D. e Y. Y. Yusuf. 1997. "Manufacturing control systems - moving towards the enterprise model". Comunicação apresentada em IEE Conference Publication.
- Masaaki, Imai. 1986. "Kaizen: The key to Japan's competitive success". NY: McGraw-Hill/Irwin.
- Moura, Benjamim. 2006. *Logística-Conceitos e Tendências*, 1ª ed. Centro Atlantico, Lda., VN Famalicão.
- Padilha, Thais Cássia Cabral e Fernando Augusto Silva Marins. 2005. "Sistemas ERP: características, custos e tendências". *Revista Produção* no. 15 (1):102-113.
- Paladini, E. 2011. *Avaliação Estratégica da Qualidade*. 2ª ed. São Paulo: Atlas.
- Pande, P. S., R. P. Neuman e R. R. Cavanagh. 2001. *Estratégia Seis Sigma*. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Pinto, João Paulo. 2009. "Pensamento Lean: a filosofia das organizações vencedoras". *Lidel: Lisboa*.
- Porter, Michael E. 1986. *Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência*. Campus.

- Santos, A. B. e M. F. Martins. 2008. "Reference model to structure the Six Sigma in organizations". *Gestao e Producao* no. 15 (1):43-56.
- Shigley, Joseph Edward e Charles R. Mischke. 1989. *Mechanical Engineering Design*. 5ª ed. McGraw-Hill.
- Silva, I. B., D. I. Miyake, A. Batocchio e O. L. Agostinho. 2011. "Integrating the promotion of Lean Manufacturing and Six Sigma methodologies in search of productivity and quality in an auto parts manufacturer". *Gestao e Producao* no. 18 (4):687-704.
- Toledo, José Carlos. 1994. "Gestão da mudança da qualidade de produto". *Gestão & Produção* no. 1 (2):104-124.
- Womack, J. P., D. T. Jones e D. Roos. 1992. "The machine that changed the world". *Business Horizons* no. 35 (3):81-82.

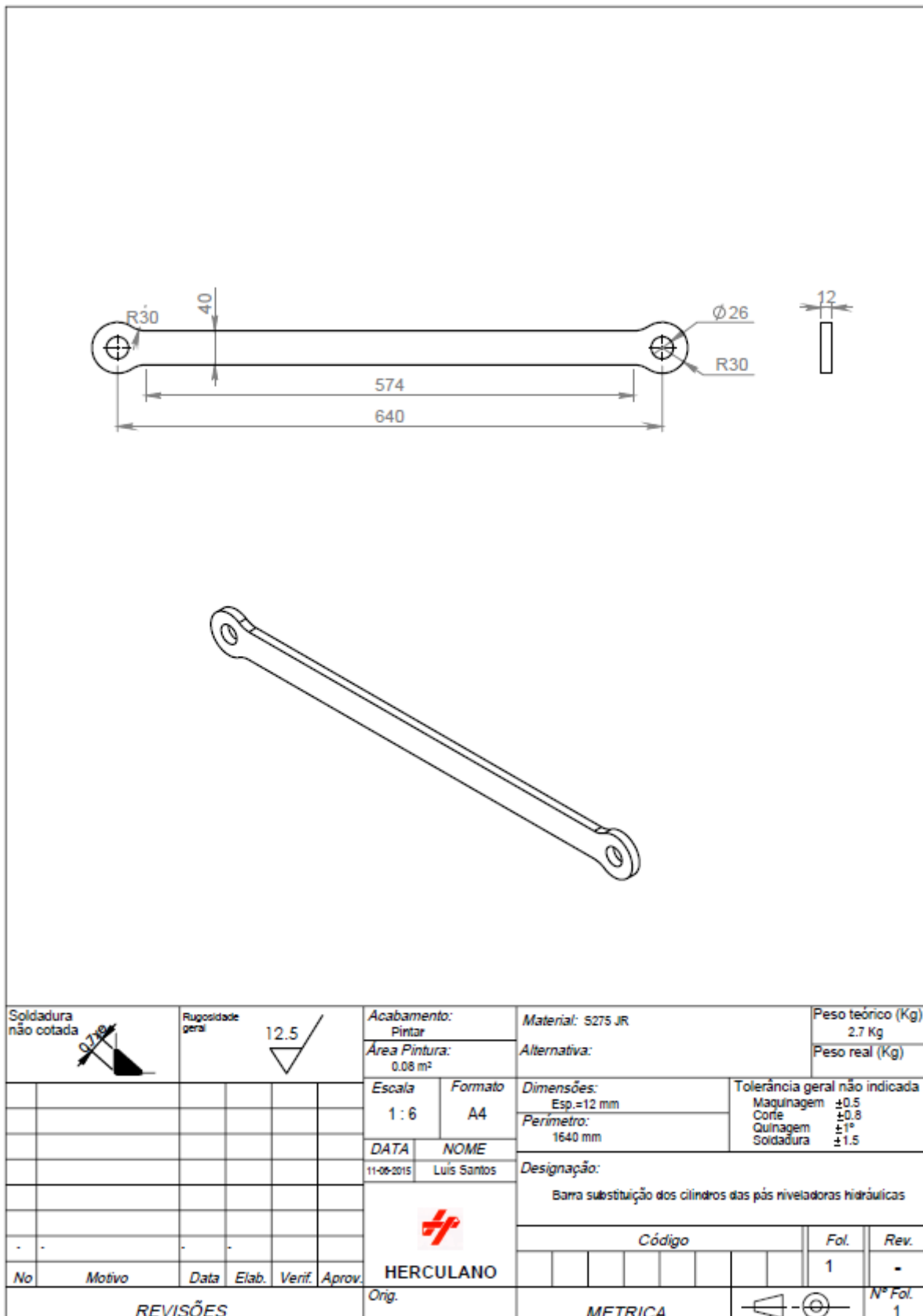
ANEXO A: Desenho do cilindro das pás niveladoras hidráulicas



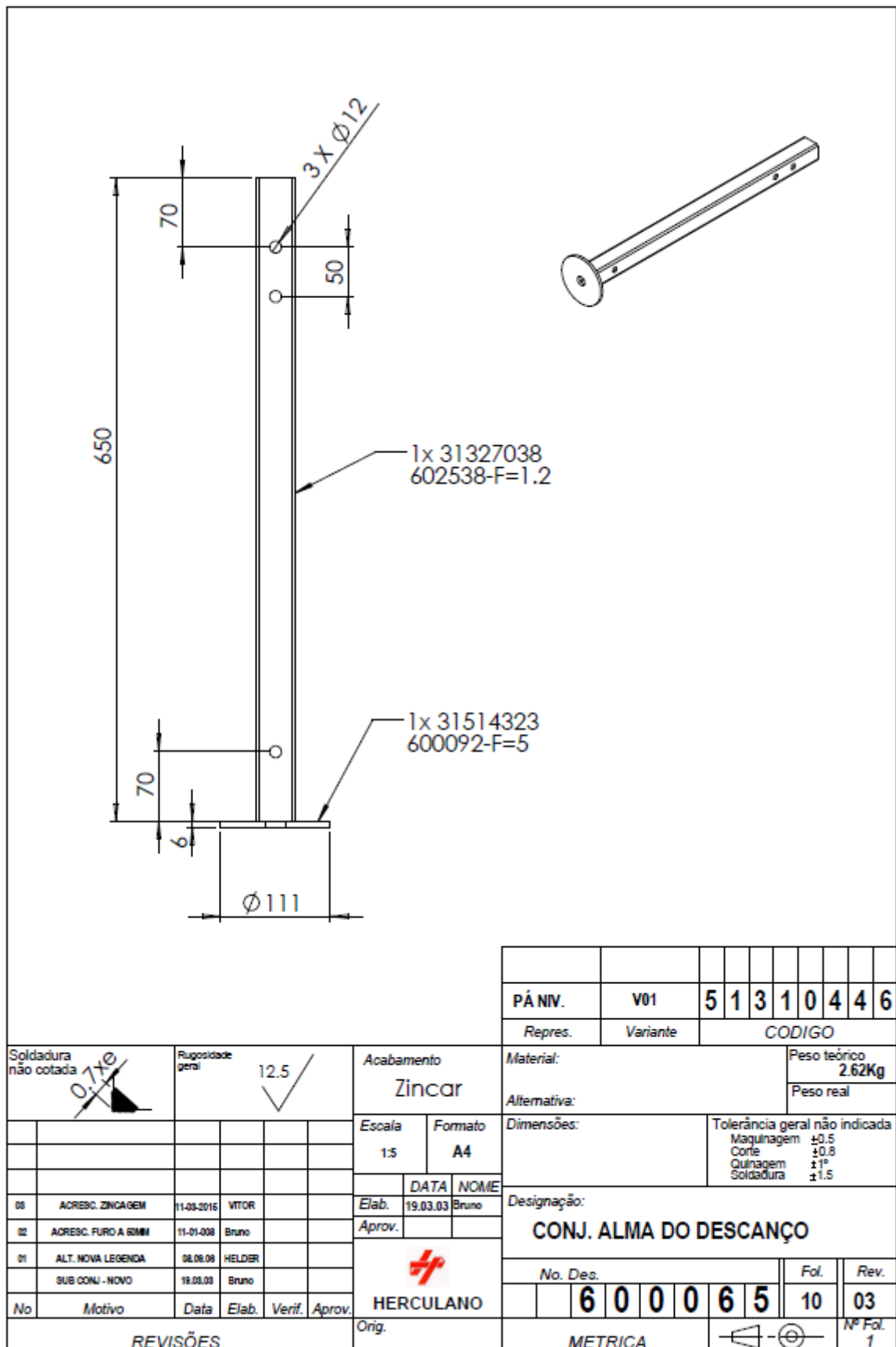
POS.	CÓDIGO	DESIGNAÇÃO	QTD.	OBS.
1	21520114	CILINDRO - Diam. 90/80	1	
2	21801007	GRACÉ DTO M8	2	

Soldadura não cotada		Rugosidade geral 12.5	Acabamento: PINTURA	Material:	Peso teórico (Kg) 14.27
			Área Pintura: 0.2 m²	Alternativa:	Peso real (Kg)
			Escala: A4	Dimensões:	Tolerância geral não indicada
			Perímetro: mm		Maquinagem ±0.5
					Corte ±0.8
					Usinagem ±1°
					Soldadura ±1.5
			DATA: 10-03-2015	Designação: CILINDRO HID. 21520114	
			NOME: Vítor Guedes	Código	Fol. Rev.
			HERCULANO	51319655	1 -
No	Motivo	Data	Elab.	Verif.	Aprov.
REVISÕES			Ong.	METRICA	Nº Fol. 1

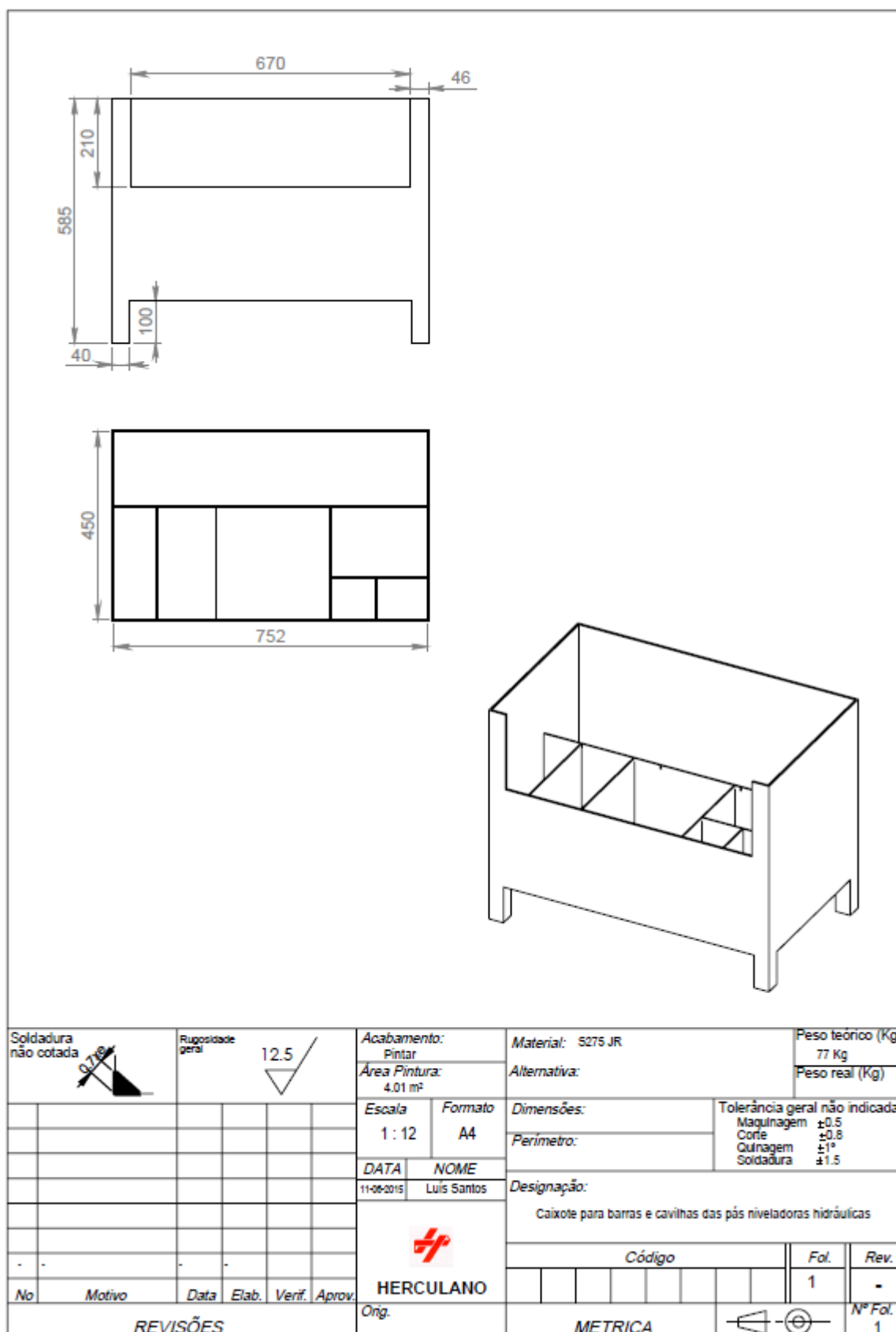
ANEXO B: Barra de substituição dos cilindros das pás niveladoras hidráulicas

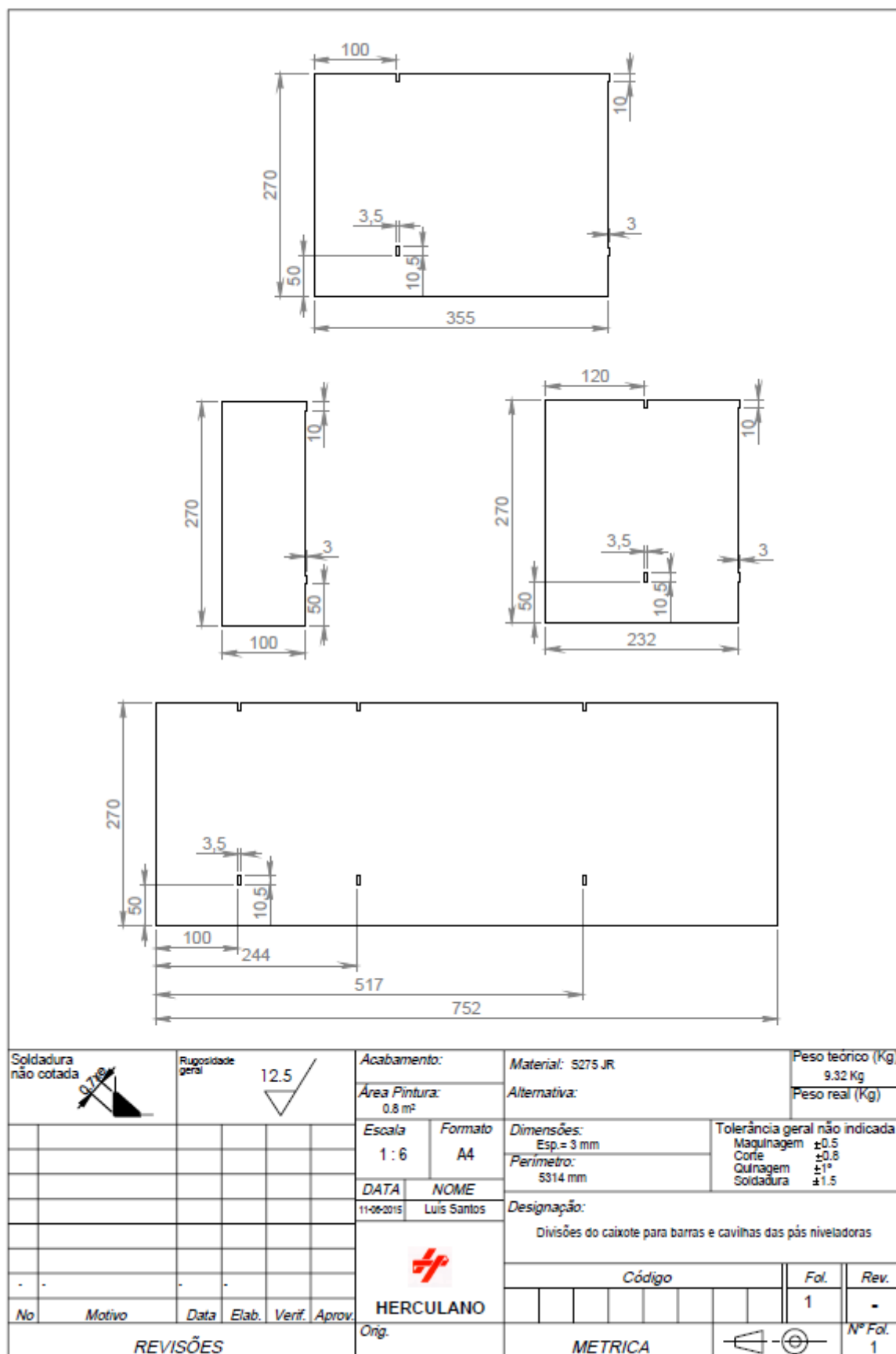


ANEXO C: Desenho do descanso das pás niveladoras



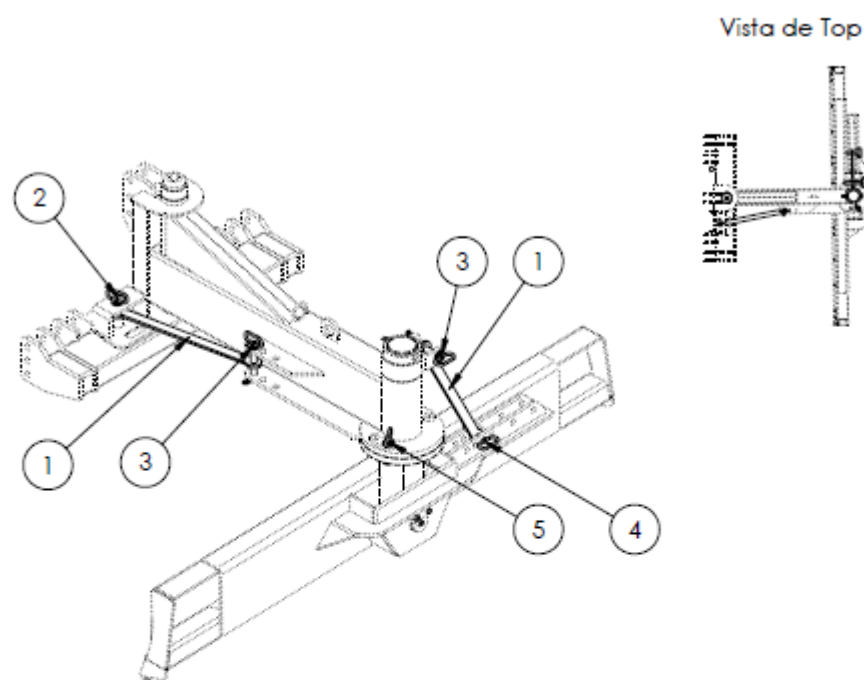
ANEXO D: Caixote para colocar as barras e cavilhas das pás niveladoras





ANEXO E: Instruções de montagem do conjunto das barras e cavilhas

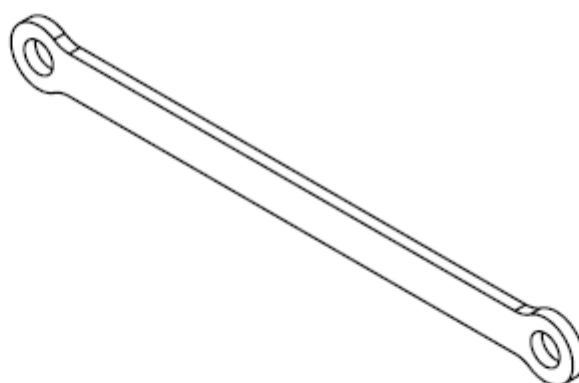
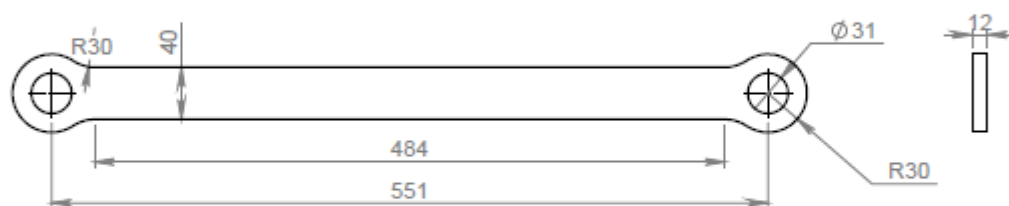
Instruções de montagem para Pás Niveladoras Hidráulicas



Nº do componente	Artigo	Descrição	Quantidade	Armazém
1	-	- Barra 700mm	2	456
2	51310465 20218014 20247024	- Cavilha Elem. diam. 25mm L=100 com orelha - PAF. M8x30 - Porca Sext. M8	1	456
3	51310464 20210003	- Cavilha Elem. diam. 25mm L=175 - Chaveta Beta 6mm	2	456
4	51316650 20210003	- Cavilha Elem. diam. 25mm L=100 - Chaveta Beta 6mm	1	456
5	51313009 20210003	- Cavilha diam. 30mm L=95 - Chaveta Beta 6mm	1	456

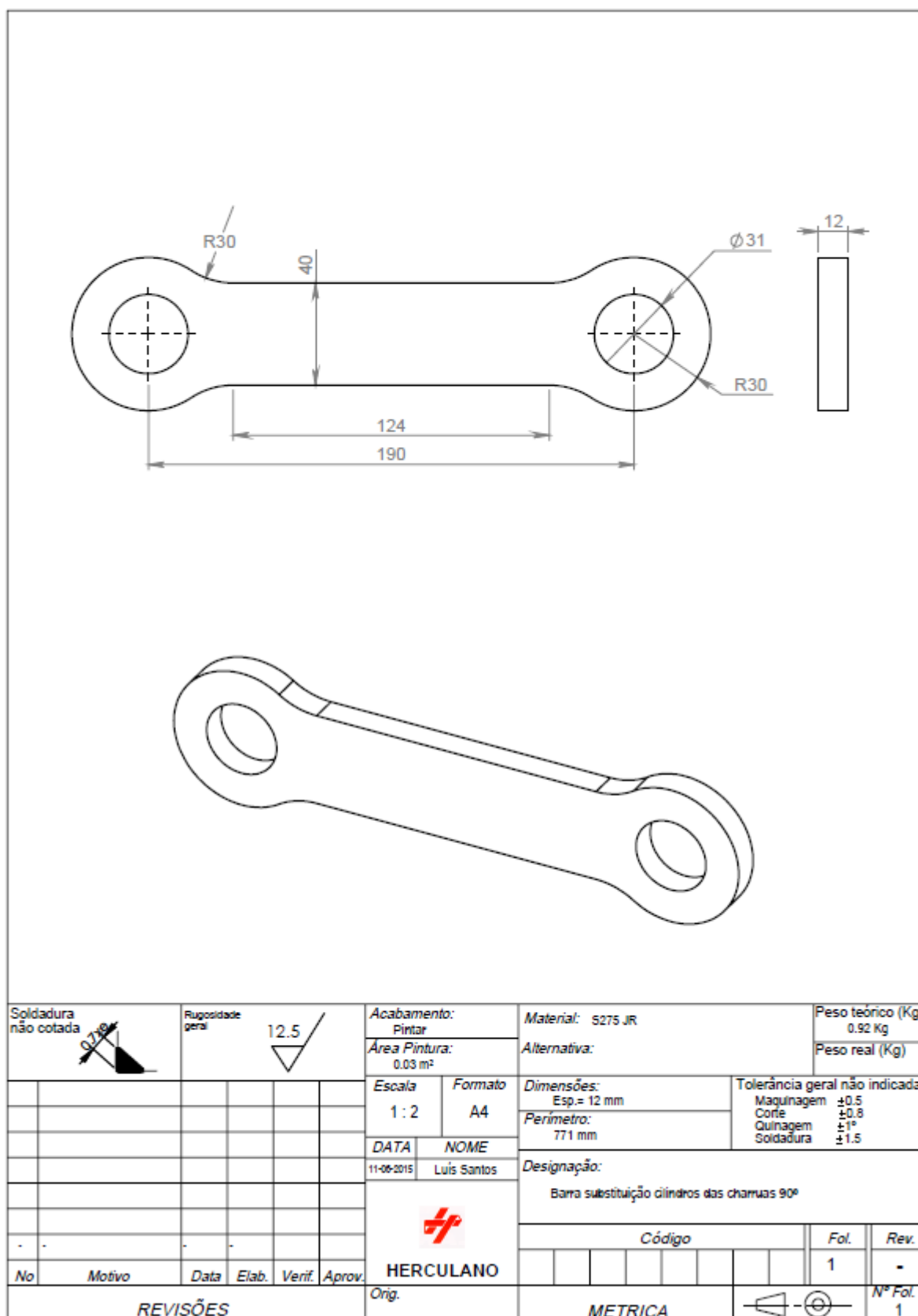
Colocar a pá o mais perpendicular possível em relação à coluna (vista de top)
Colocar massa nas cavilhas e graces

ANEXO F: Barra de substituição cilindros das charruas de 1 e 2 ferros 180°



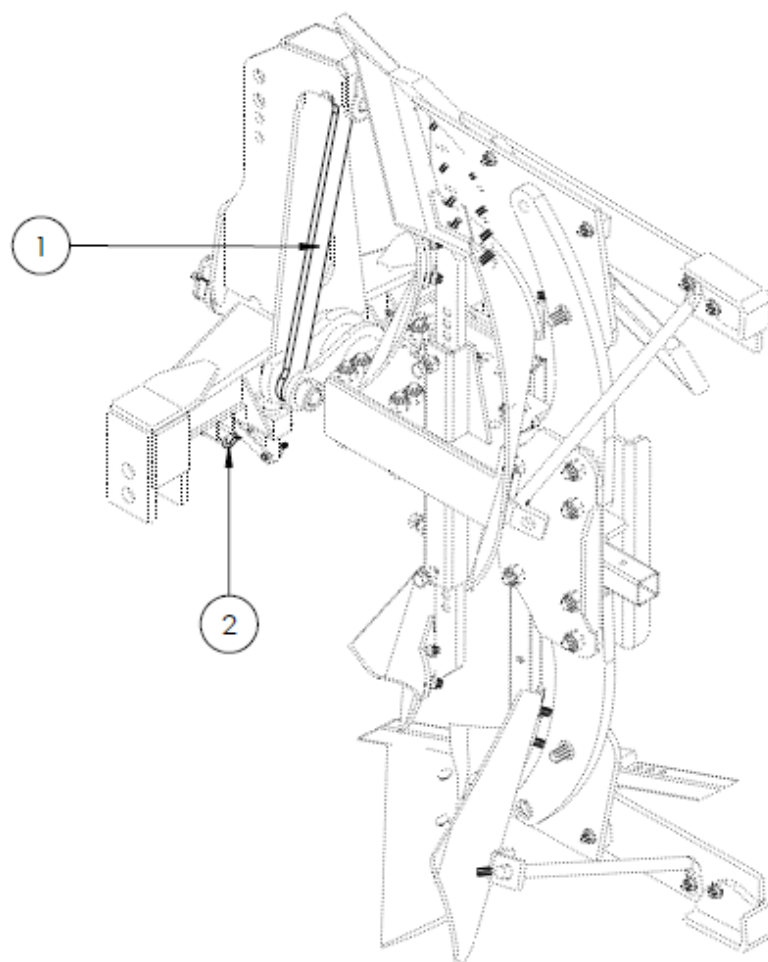
Soldadura não cotada		Rugosidade geral 12.5		Acabamento: Pintar		Material: 5275 JR		Peso teórico (Kg)
				Área Pintura: 0.07 m²		Alternativa:		2.3 Kg
				Escala 1:5		Formato A4		Peso real (Kg)
				Dimensões: Esp.= 12 mm		Tolerância geral não indicada		
				Perímetro: 1492 mm		Maquinagem ±0.5		
						Corte ±0.8		
						Quinagem ±1°		
						Soldadura ±1.5		
				Designação:				
						Barra substituição cilindros charruas hidráulicas 180°		
						Código	Fol.	Rev.
							1	-
No	Motivo	Data	Elab.	Verif.	Aprov.	HERCULANO		
REVISÕES						Orig.	METRICA	
								Nº Fol. 1

ANEXO G: Barra de substituição do cilindro da charrua de 1 ferro 90°



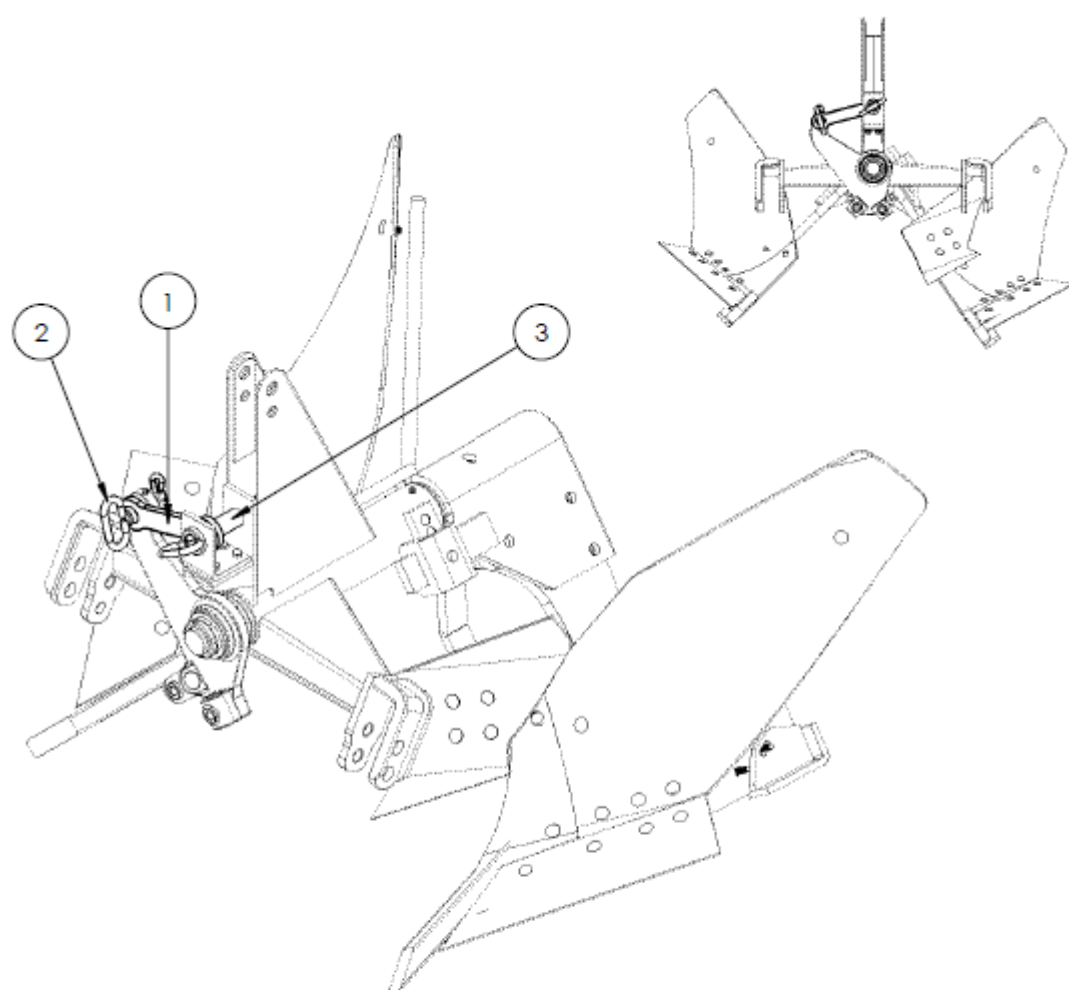
ANEXO H: Instruções de montagem das barras e cavilhas de substituição das charruas

Instruções de montagem para as Charruas Hidráulicas de 1 e 2 ferros 180



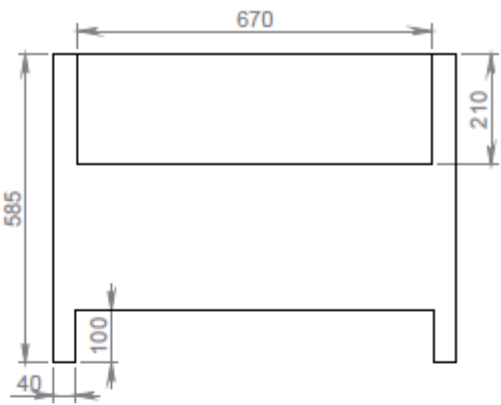
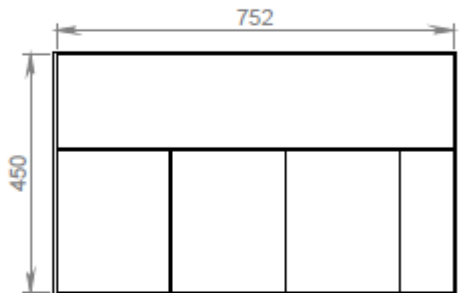
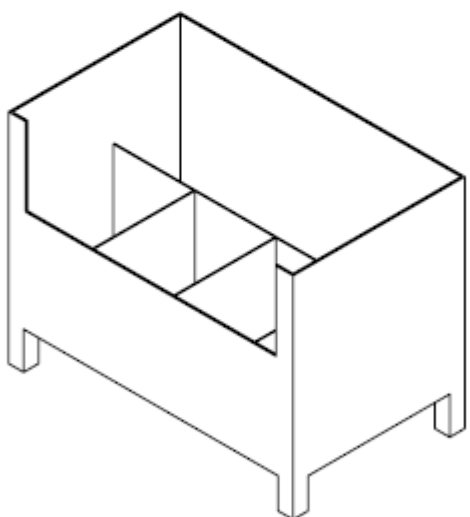



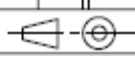
Nº do componente	Artigo	Descrição	Quantidade	Armazém
1	-	- Barra 610mm	1	456
2	20210003	- Chaveta Beta 6mm	2	456

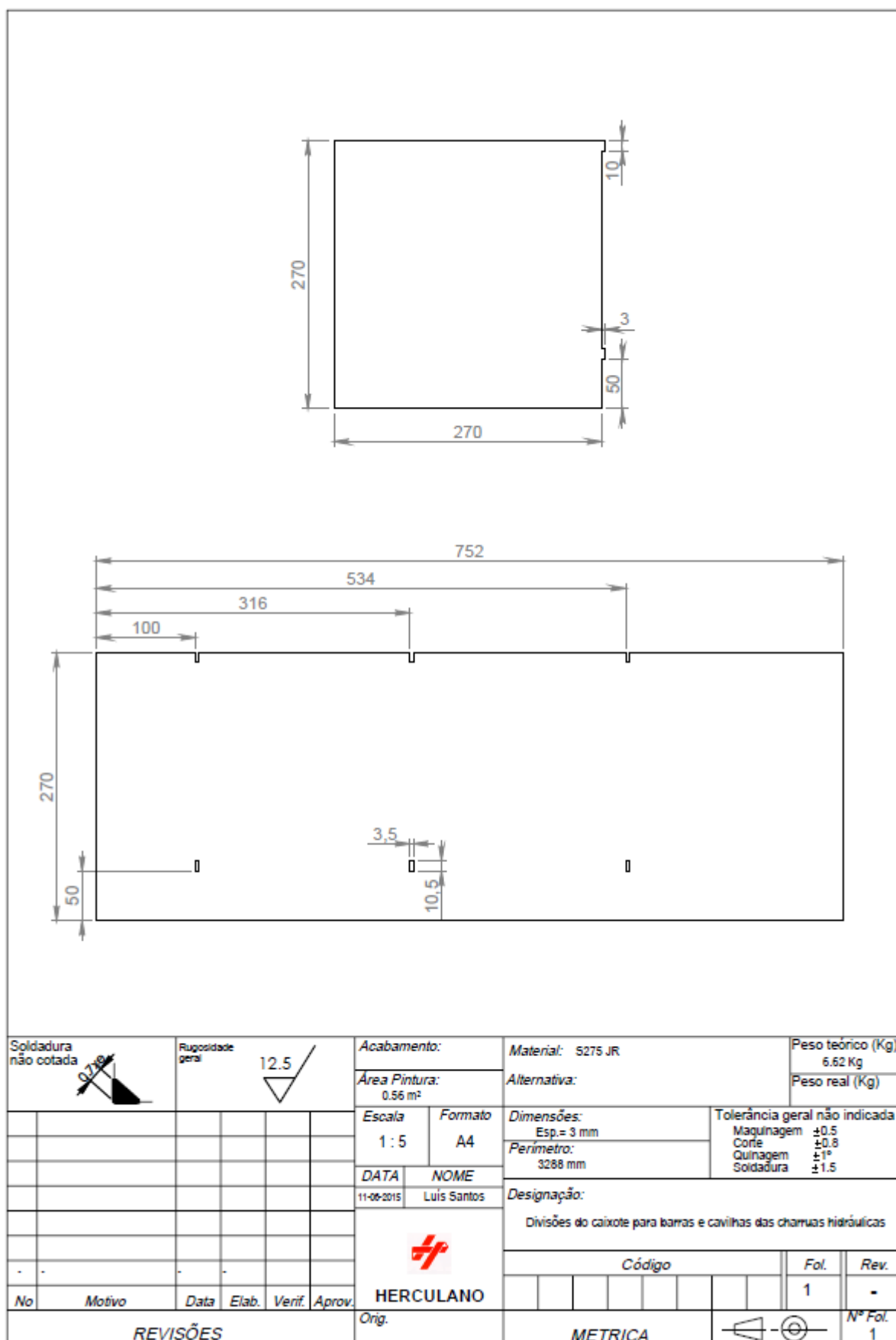
Instruções de montagem para a Charrua Hidráulica 90



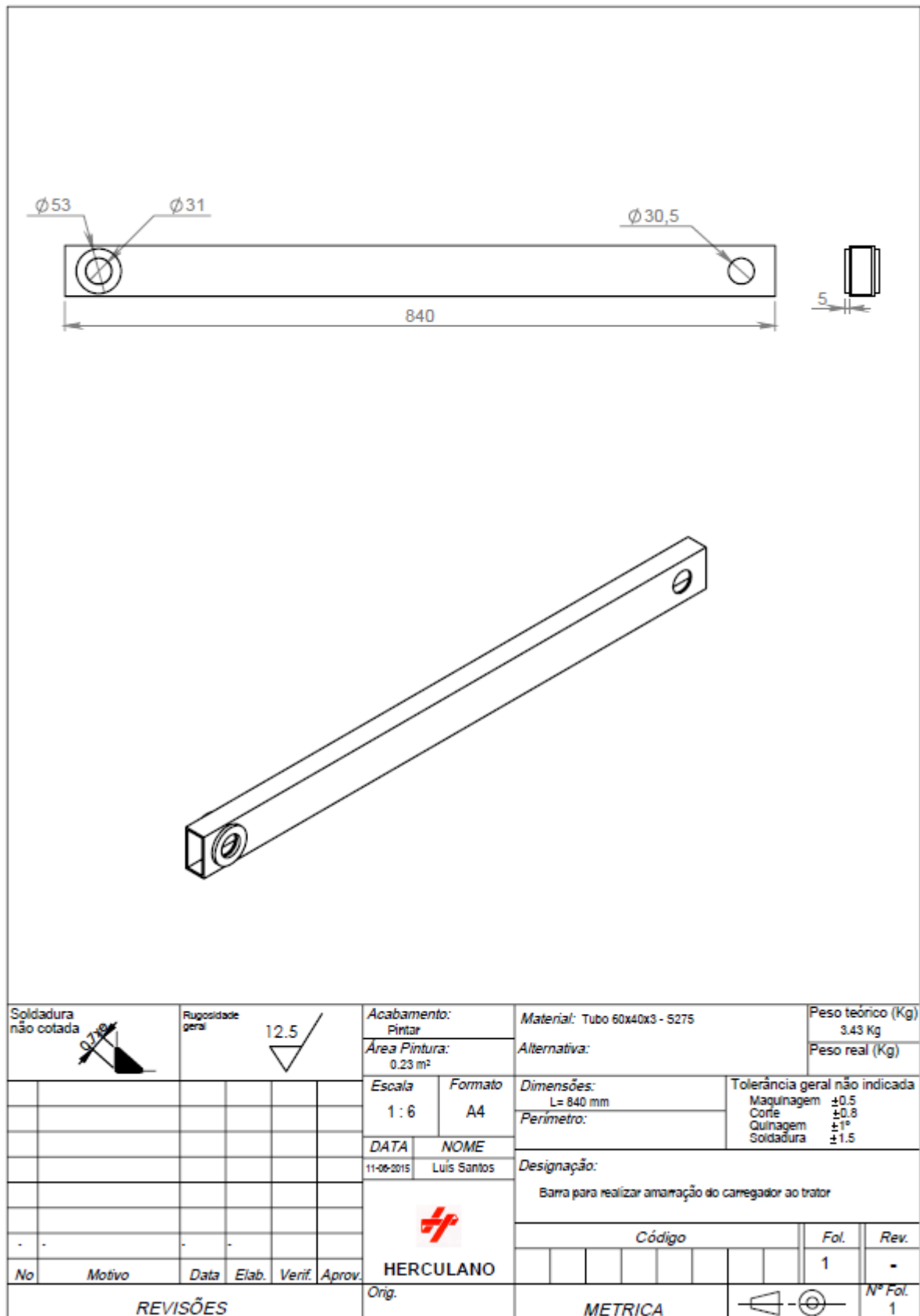
Nº do componente	Artigo	Descrição	Quantidade	Armazém
1	-	- Barra 210	1	456
2	50411323 20210003	- Cavilha diam. 30mm L=90 - Chaveta Beta 6mm	1	456
3	30406967 20210003	- Cavilha elem. diam. 30mm L=160 - Chaveta Beta 6mm	1	456

ANEXO I: Caixote para colocar as barras e cavilhas das charruas

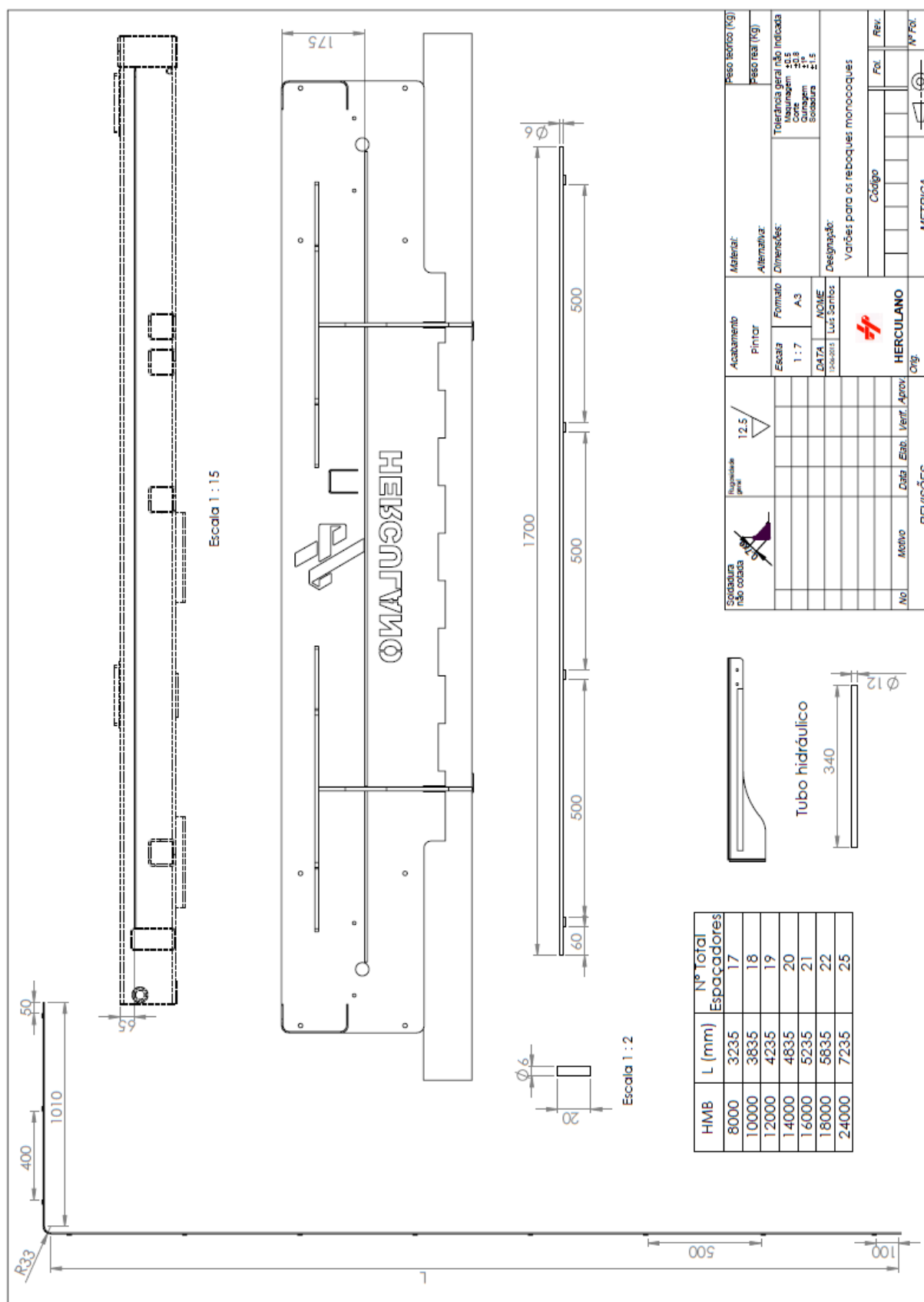
					
Soldadura não cotada 		Rugosidade geral  12.5		Acabamento: Pintar Área Pintura: 3.68 m²	
		Escala 1:12 Formato A4		Material: S275 JR Alternativa:	
		DATA 11-06-2015 NOME Luis Santos		Dimensões: Perímetro:	
				Tolerância geral não indicada Maquinagem ±0.5 Corte ±0.8 Usinagem ±1° Soldadura ±1.5	
		Designação: Caixote para barras e cavilhas das charruas hidráulicas		Código	
		Orig.		Fol. 1 Rev. -	
No Motivo Data Elab. Verif. Aprov.		REVISÕES		METRICA	
					
				Nº Fol. 1	



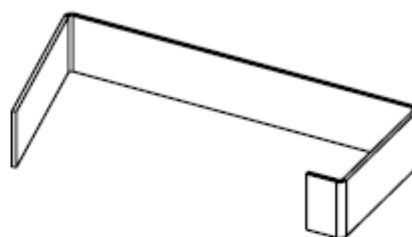
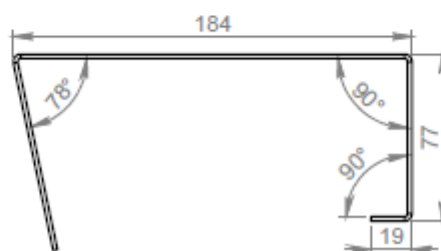
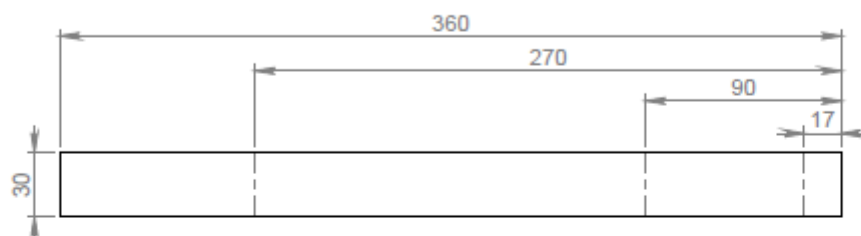
ANEXO J: Barra de substituição dos cilindros do carregador frontal




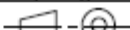


ANEXO K: Varão de fixação cabos elétricos do reboque monocoque

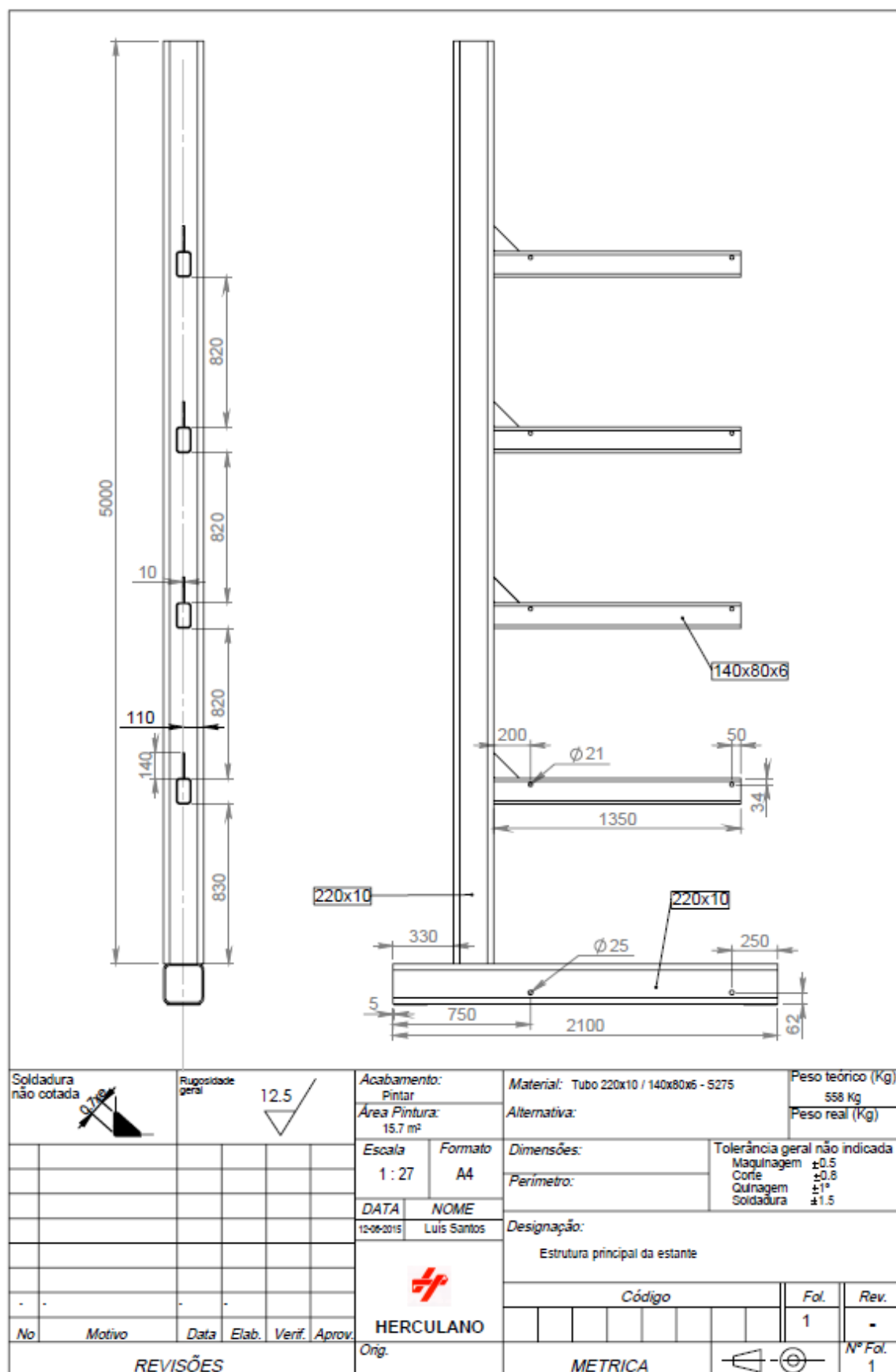


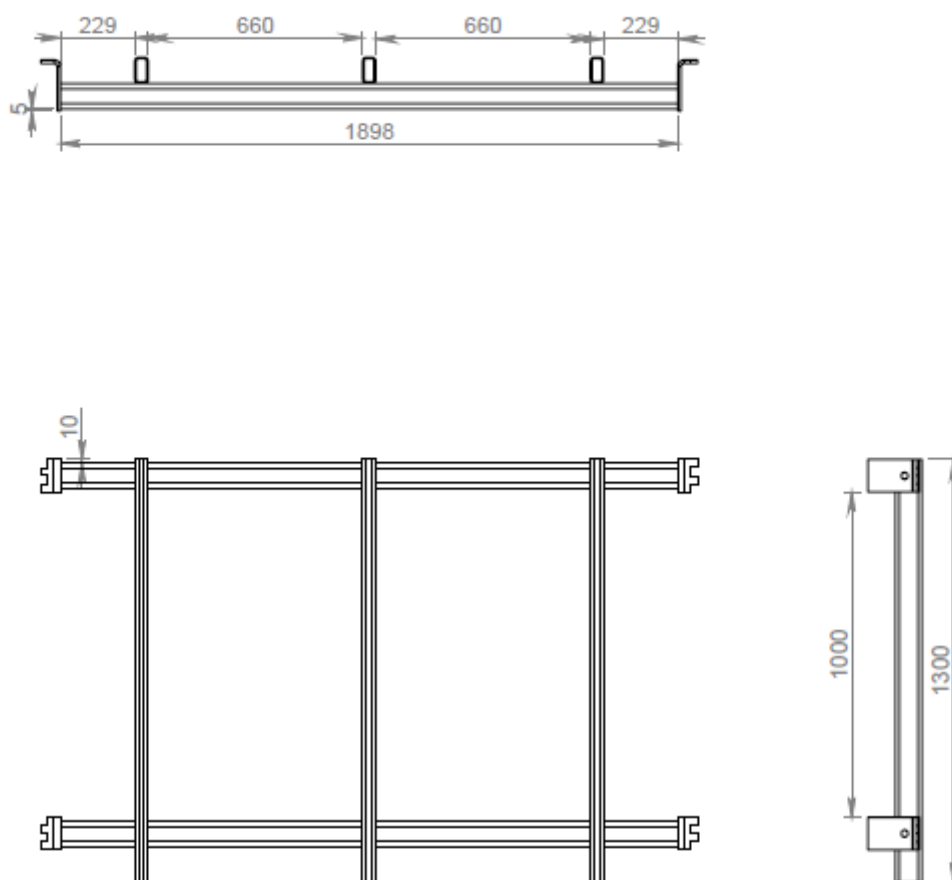
ANEXO L: Ferramenta para posicionar o varão





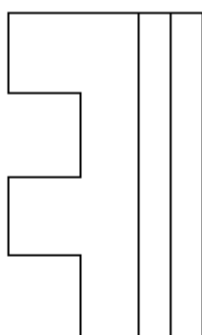
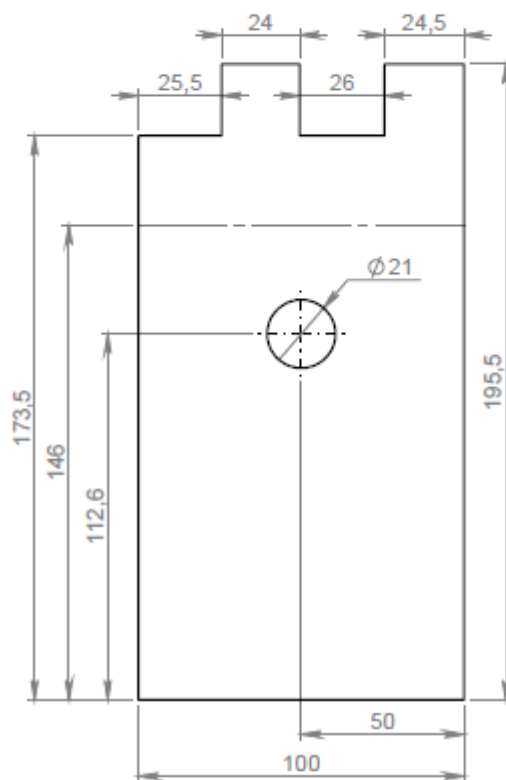
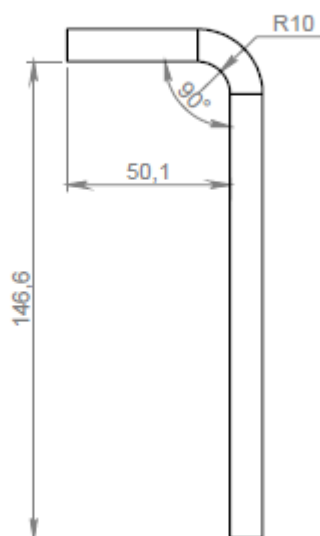
Soldadura não cotada 		Rugosidade geral 		Acabamento: Pintar		Material: S355 JR				Peso teórico (Kg) 0.17 Kg	
				Área Pintura: 0.02 m²		Alternativa:				Peso real (Kg)	
						Escala 1 : 3	Formato A4	Dimensões: Esp. = 2 mm		Tolerância geral não indicada Maquinagem ±0.5 Corte ±0.8 Quilagem ±1° Soldadura ±1.5	
								Perímetro: 780 mm			
						DATA 11-06-2015	NOME Luís Santos		Designação: Ferramenta posicionadora dos varões para cabos elétricos		
											
						HERCULANO		Código		Fol. 1	Rev. -
No	Motivo	Data	Elab.	Verif.	Aprov.						
REVISÕES						Orig.		METRICA		 Nº Fol. 1	

ANEXO M: Conjuntos e componentes da estante

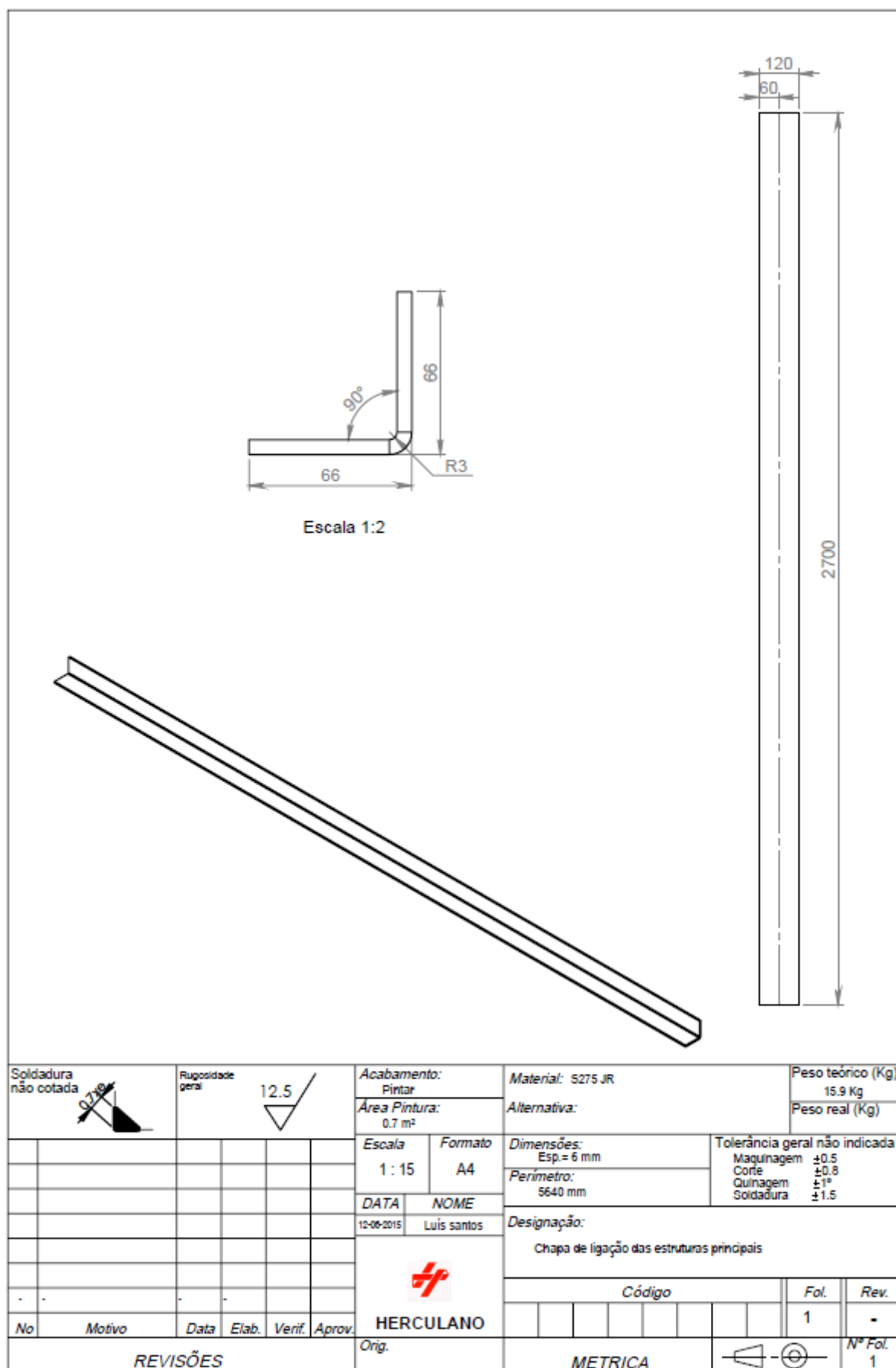


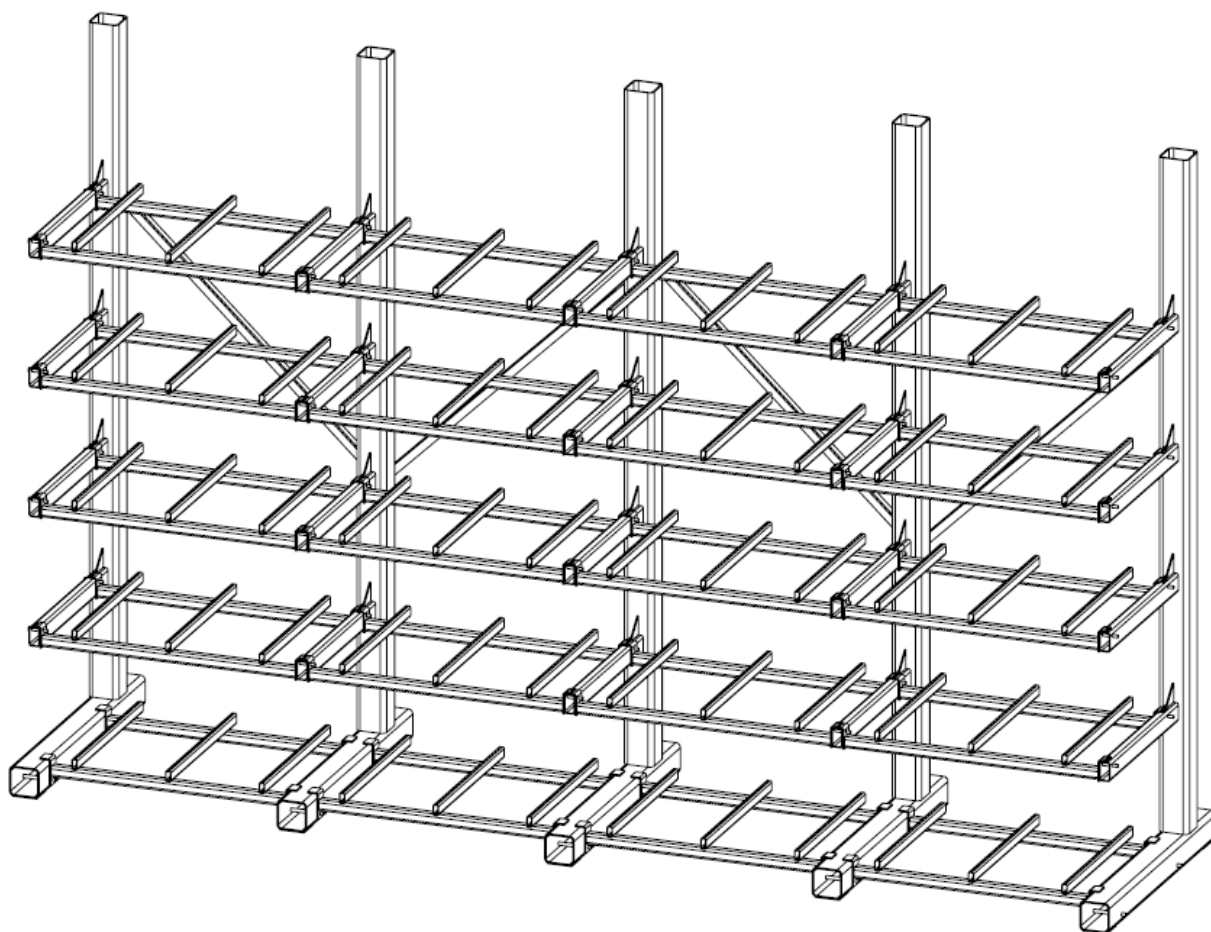


Soldadura não cotada		Rugosidade geral		12.5		Acabamento: Pintar		Material: Tubo 80x5 - S355		Peso teórico (Kg)	
						Área Pintura: 3.85 m²		Tubo 80x40x4 - S275		81 Kg	
						Escala 1 : 20		Alternativa:		Peso real (Kg)	
						Formato A4		Dimensões:		Tolerância geral não indicada	
						DATA 12-06-2015		Perímetro:		Maquinagem ±0.5	
						NOME Luis santos		Designação:		Corfe ±0.8	
						 HERCULANO		Estrutura da prateleira		Quilagem ±1°	
								Código		Fol. 1	
										Rev. -	
No	Motivo	Data	Elab.	Verif.	Aprov.	Orig.		METRICA		 Nº Fol. 1	
REVISÕES											



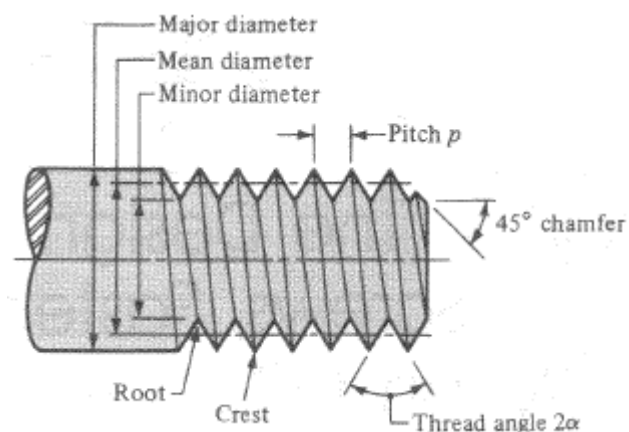
Soldadura não cotada		Rugosidade geral		12.5		Acabamento:		Material: S275 JR		Peso teórico (Kg) 1.48 Kg	
						Área Pintura: 0.04 m²		Alternativa:		Peso real (Kg)	
						Escala 1 : 2		Formato A4		Dimensões: Esp. = 10 mm	
						DATA 12-06-2015		NOME Luís Santos		Tolerância geral não indicada	
										Maquinagem ±0.5	
										Corfe ±0.8	
										Quilagem ±1°	
										Soldadura ±1.5	
										Designação:	
										Chapa suporte prateleira	
										Código	
										Fol.	
										Rev.	
No	Motivo	Data	Elab.	Verif.	Aprov.	HERCULANO				1	
REVISÕES						Orig.		METRICA		Nº Fol. 1	





ANEXO N: Dimensionamento dos parafusos para a estante

Mechanical or physical property		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9
							d ≤ 16mm ^a	d > 16mm ^b	d ≤ 16mm		12.9
Tensile Strength, R _m , MPa	Nom. ^c	400		500		600	800		900	1000	1200
	Min.	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
Lower yield strength, R _{eL} , MPa ^d	Nom. ^c	240	-	300	-						
	Min.	240	-	300	-						
Stress at 0,2% non-proportional elongation, R _{p0,2} , MPa	Nom. ^c	-					640		720	900	1080
	Min.	-					640	660	720	940	1100
Stress at 0,0048d non-proportional elongation for full-size fasteners, R _{pe} , MPa	Nom. ^c	-	320	-	400	480	-				
	Min.	-	340 ^e	-	420 ^e	480 ^e	-				
Stress under proof load, S _p , MPa	Nom.	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
Elongation after fracture for machined test pieces, A, %	Min.	22	-	20	-	-	12	12	10	9	8
Reduction of area after fracture for machined test pieces, Z, %	Min.	-					52		48	48	44
Elongation after fracture for full-size fasteners, A _f , %	Min.	-	0,24	-	0,22	0,20	-				
Head soundness		No fracture									
Vickers hardness, HV (F ≥ 98N)	Min.	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385
	Max.	220 ^f					250	320	335	360	380
Surface hardness, HV _{0,05}	Max.	-					h			h _i	
Height of non-decarburized thread zone, E, mm	Min.	-					½ H ₁			2/3 H ₁	
Depth of complete decarburization in the thread, G, mm	Max.	-					0,015				
Reduction of hardness after retempering, HV	Max.	-					20				
Breaking torque, M _b , Nm	Min.	-					According to ISO 898-7				
Impact strength, K _v , J	Min.			27			27	27	27	27	^h
Surface integrity in acc. with		ISO 6157-1									ISO 6157-3

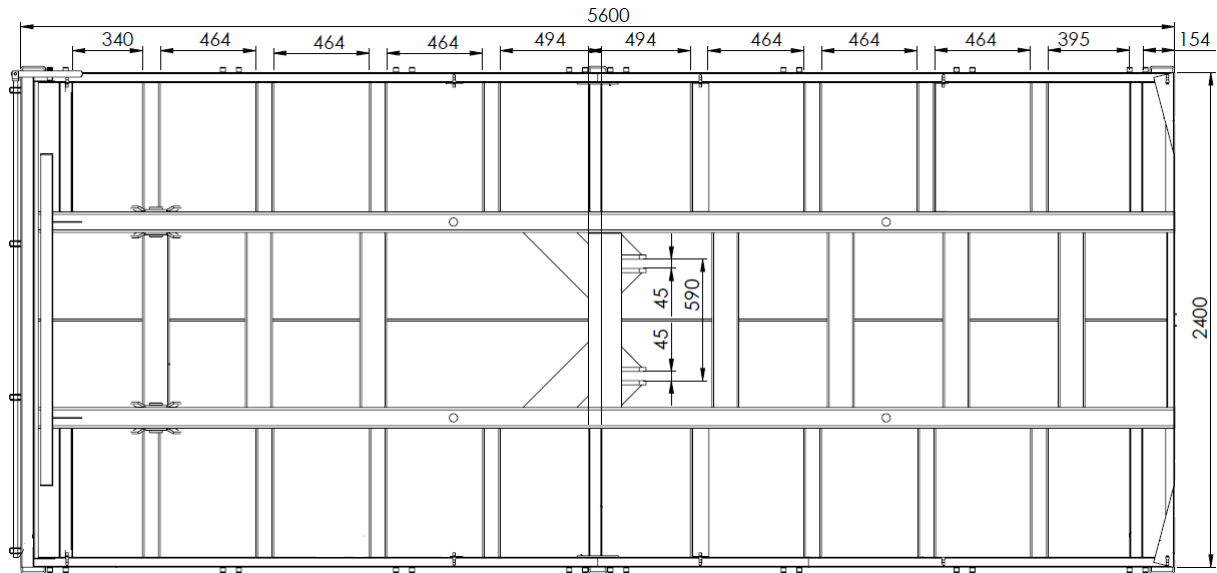


NOMINAL MAJOR DIAMETER d	COARSE-PITCH SERIES			FINE-PITCH SERIES		
	PITCH p	TENSILE- STRESS AREA A_t	MINOR- DIAMETER AREA A_r	PITCH p	TENSILE- STRESS AREA A_t	MINOR- DIAMETER AREA A_r
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1120	1050	2	1260	1230
48	5	1470	1380	2	1670	1630
56	5.5	2030	1910	2	2300	2250
64	6	2680	2520	2	3030	2980
72	6	3460	3280	2	3860	3800
80	6	4340	4140	1.5	4850	4800
90	6	5590	5360	2	6100	6020
100	6	6990	6740	2	7560	7470
110				2	9180	9080

ANEXO O: Orçamento para construir a estante

Material	Qtd.	Preço (€)
Tubo 220x10	37m	0
Tubo 140x60x6	27m	311,31
Chapas triangular	20	13,4
Parafuso D=20 L=130	40	34
Varão roscado L=300	3m	6,48
Porca	60	13,2
Tubo 80x40x4	52m	206,96
Tubo 80x5	75m	531
Chapa suporte 1ª estante	16	32,16
Chapa suporte estantes	64	99,84
Chapa L	5	44,6
Chapa quadrada	10	8,6
Pintura primário		40,3
Pintura cinza		27,76
Endurecedor		47,04
Soldadura perfil maior	30,5m	
Soldadura estante	37,5m	
Total soldadura hora	68m	242,4
Serrote tubo 140x80x6		11,25
Serrotetubo 80x40x4		30
Serrote tubo 80x5		20
Total Serrote		61,25
Total		1720,3

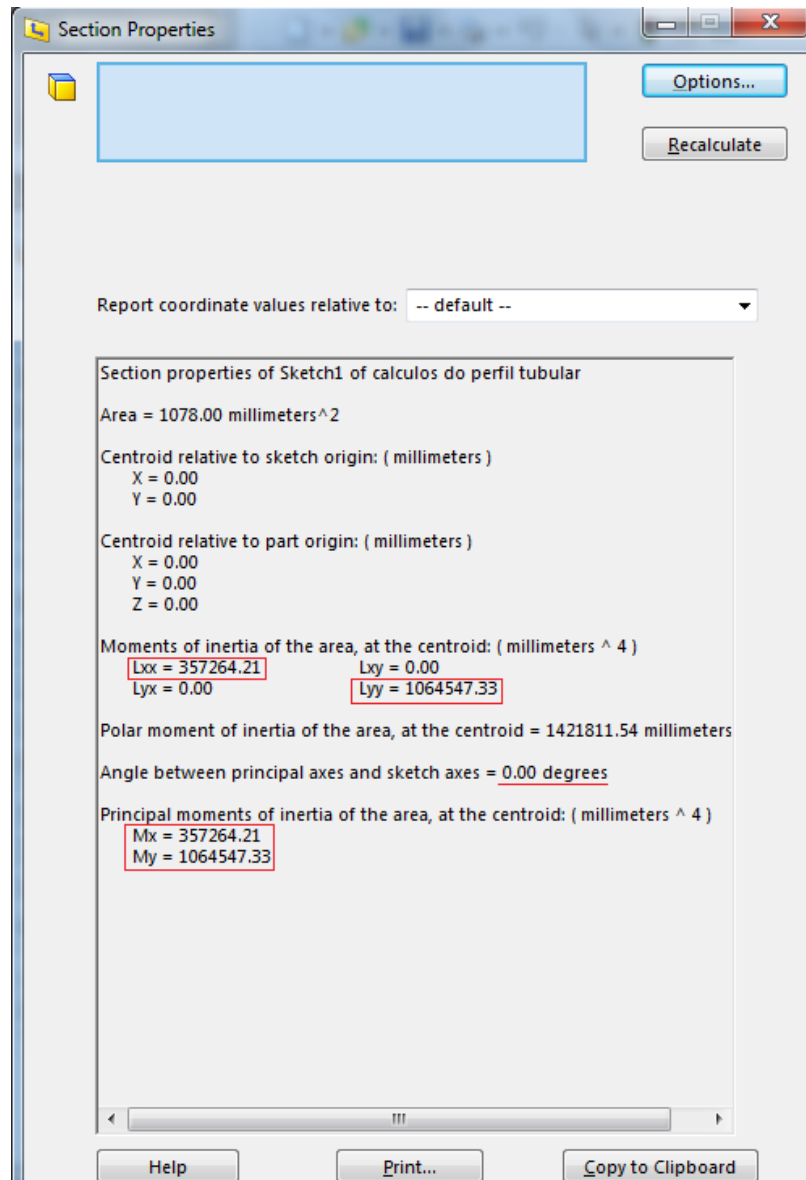
ANEXO P: Cálculos dos centros de gravidade dos perfis



Perfil tubular

$$Y_G = \frac{\sum y \times A}{\sum A} = \frac{2 \times \left(\frac{42,5}{2} \times 47 \times 5 \right) + 2,5 \times 76 \times 5 + (47 - 1,5) \times 76 \times 3}{2 \times 47 \times 5 + 76 \times 5 + 76 \times 3} = 20,75 \text{ mm}$$

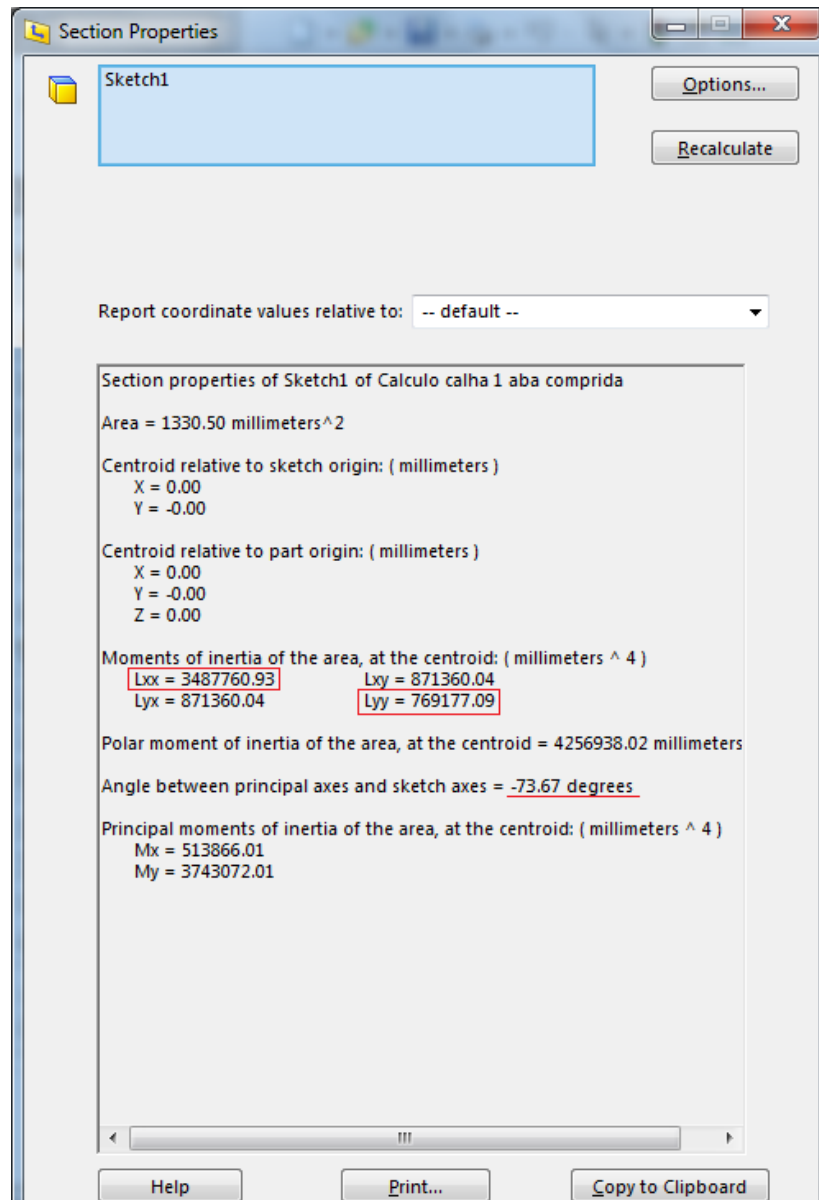
$$\begin{aligned} I_x &= \sum (I_{x_G} + A \times d^2) \\ &= 2 \times \left(\frac{5 \times 47^3}{12} + 47 \times 5 \times \left(\frac{47}{2} - 20,75 \right)^2 \right) + \frac{76 \times 5^3}{12} + 76 \times 5 \\ &\quad \times (20,75 - 2,5)^2 + \frac{76 \times 3^3}{12} + 76 \times 3 \times (47 - 20,75 - 1,5)^2 \\ &= 357264 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$



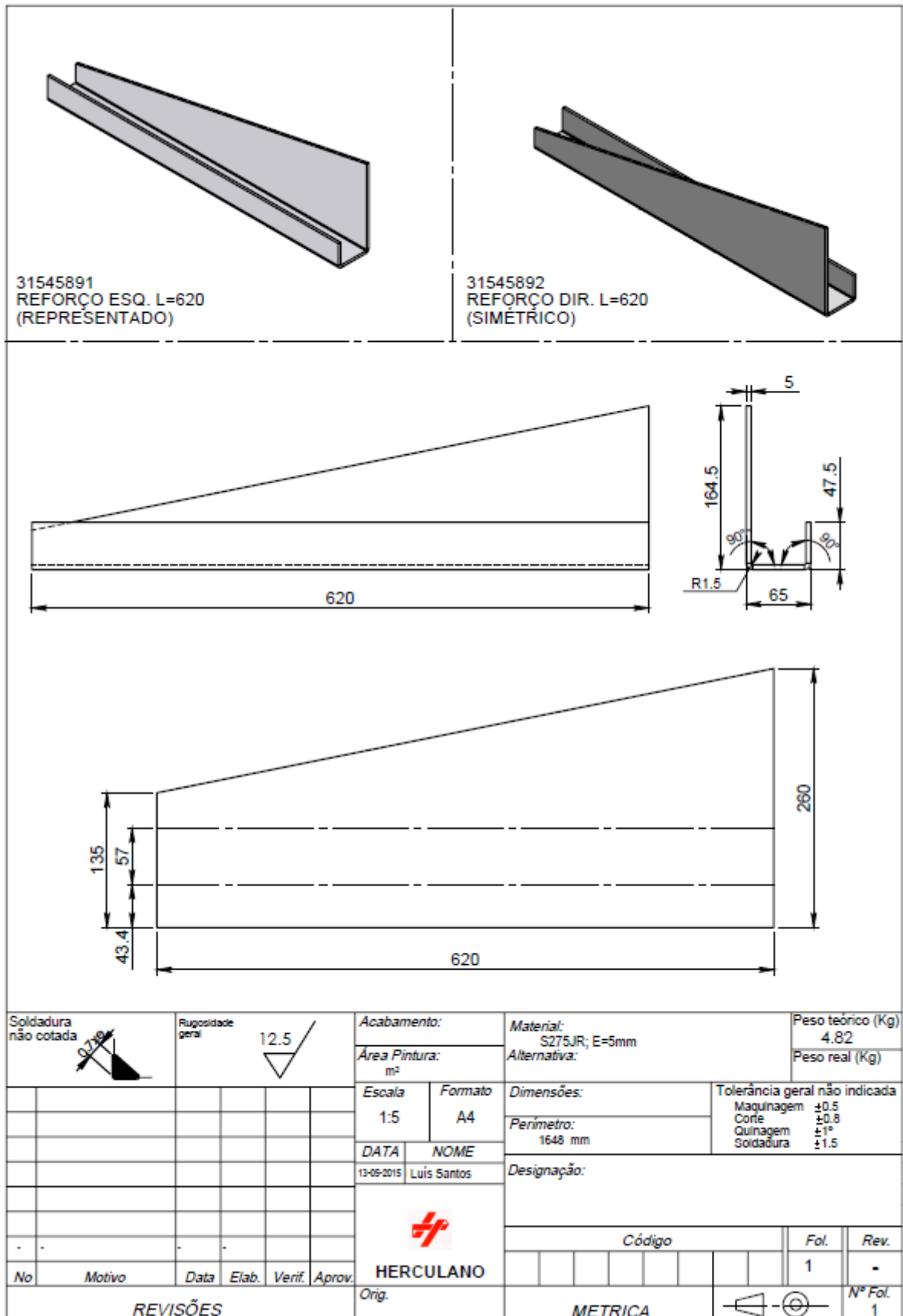
Perfil de calha

$$\begin{aligned}
 Y_G &= \frac{\sum y \times A}{\sum A} \\
 &= \frac{\left(164,5 - 5 - \frac{42,5}{2}\right) \times 42,5 \times 5 + (159,5 + 2,5) \times 64,1 \times 5 + \frac{159,5}{2} \times 159,5 \times 5}{42,5 \times 5 + 64,1 \times 5 + 159,5 \times 5} \\
 &= 108,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_x &= \sum (I_{x_G} + A \times d^2) \\
 &= \frac{5 \times 42,5^3}{12} + 5 \times 42,5 \times \left(159,5 - 108,9 - \frac{42,5}{2}\right)^2 + \frac{64,1 \times 5^3}{12} + 64,1 \times 5 \\
 &\quad \times (159,5 + 2,5 - 108,9)^2 + \frac{5 \times 159,5^3}{12} + 5 \times 159,5 \times \left(\frac{159,5}{2} - 108,9\right)^2 \\
 &= 3487761 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$



ANEXO Q: Reforço para combater empeno do chassi



ANEXO R: Esquema dos *kits* de iluminação das cisternas e espalhadores de estrume

